

## **B 91 – Ortsumfahrung Naundorf**

### **Bericht**

### **Geotechnische Untersuchungen und Beurteilung des Baugrundes**

Projektnummer: 90080007

**Auftraggeber:** Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen-Anhalt  
Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd  
An der Fliederwegkaserne 21  
**06130 Halle (Saale)**

**Teil 1/2  
Textteil  
Anlagen 1 bis 6.2**

## **B 91 – Ortsumfahrung Naundorf**

### **Bericht**

### **Geotechnische Untersuchungen und Beurteilung des Baugrundes**

Projektnummer: 90080007

**Auftraggeber:** Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen-Anhalt  
Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd  
An der Fliederwegkaserne 21  
**06130 Halle (Saale)**

**Teil 2/2**  
**Anlagen 7.1 bis 11**

## **B 91 – Ortsumfahrung Naundorf**

### **Bericht**

### **Geotechnische Untersuchungen und Beurteilung des Baugrundes**

Projektnummer: 90080007

**Auftraggeber:** Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen-Anhalt  
Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd  
An der Fliederwegkaserne 21  
**06130 Halle (Saale)**

Leipzig, 09.04.2009

**A. Baumann**  
Niederlassungsleiter

**B 91 – Ortsumfahrung Naundorf**

**Bericht**

**Geotechnische Untersuchungen und  
Beurteilung des Baugrundes**

**Auftraggeber:** Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen-Anhalt  
Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd  
An der Fliederwegkaserne 21  
06130 Halle (Saale)

**Auftragnehmer:** G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Leipzig  
Josephstraße 24  
04177 Leipzig

**Auftrags-Nr. G.E.O.S.:** 90080007

**Bearbeitungszeitraum:** 08/2008 – 04/2009  
**Land:** Sachsen- Anhalt  
**Verwaltungseinheit:** Halle

**Bearbeiter:** Dipl.-Berging. A. Baumann (Niederlassungsleiter)  
Dipl.-Geol. H. Ehle (Projektleiter)  
Dipl.-Geotechniker U. Fischer  
Dipl.-Geol. C. Böttger

**Seitenzahl:** 111  
**Zahl der Anlagen:** 11  
**Zahl der Anhänge:** 1

Leipzig, 09.04.2009

.....  
H. Ehle  
Projektleiter

## Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis .....	5
Tabellenverzeichnis.....	7
Unterlagenverzeichnis.....	9
0 Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen .....	12
1 Bauvorhaben .....	14
2 Baugrund.....	15
2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs .....	15
2.2 Geologie.....	16
2.2.1 Anthropogene Aufschüttungen .....	18
2.3 Hydrogeologie / Hydrologie .....	18
2.4 Besonderheiten .....	20
3 Untersuchungen .....	23
3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse .....	23
3.2 Felduntersuchungen .....	26
3.3 Laboruntersuchungen .....	26
4 Ergebnisse der Untersuchungen .....	28
4.1 Vorhandener Verkehrsflächenaufbau.....	30
4.2 Untergrund / Unterbau – Schichtenverlauf und -verbreitung.....	33
4.3 Eigenschaften und Klassifizierung der Straßenbaustoffe und Böden .....	38
4.3.1 Straßenbaustoffe.....	38
4.3.2 Böden.....	38
4.4 Erdstatische Kennwerte .....	51
4.5 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse .....	52
5 Baugrundbeurteilung .....	56
5.1 Bewertung der Restsubstanz der vorhandenen Verkehrsflächen nach RStO.....	56
5.1.1 Erneuerungsklassen.....	56
5.1.2 Wiederverwendbarkeit der vorhandenen gebundenen und ungebundenen Tragschichten.....	56
5.1.2.1 Bitumenhaltige Straßenausbaustoffe.....	56
5.1.2.2 Ungebundene Straßenausbaustoffe.....	58
5.1.3 Planumböden im Bereich bestehender Verkehrswege (relevante Aushubmassen) .....	64

---

5.1.4	Messungen mit dem Benkelman-Balken .....	69
5.2	Vorschlag zur Erneuerungsart- und –bauweise .....	73
5.3	Allgemeine Baugrundeinschätzung .....	75
5.4	Maßgebliche Bemessungsparameter für den Straßenoberbau .....	81
5.4.1	Frostempfindlichkeit der Böden .....	81
5.4.2	Hydrologische Verhältnisse .....	81
5.5	Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus .....	81
5.6	Entwässerung .....	83
5.7	Tragfähigkeit des potentiellen Planums .....	84
5.7.1	Vorhandene Tragfähigkeit .....	84
5.7.2	Maßnahmen zur Verbesserung des Planums .....	85
5.7.3	Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Bereiche .....	86
5.8	Einschnitte .....	90
5.8.1	Bauverdrängungsmassen .....	90
5.9	Dämme .....	91
5.10	Erdstatische Nachweise .....	94
5.10.1	Verformungen (Setzungsprognose) .....	94
5.10.2	Standsicherheit .....	96
5.11	Ingenieurbauwerke .....	98
6	Dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser .....	100
6.1	Wasserdurchlässigkeit der Böden .....	100
6.2	Bemessungsgrundlagen .....	100
6.3	Vorschläge zur Bauausführung .....	100
7	Bautechnische Hinweise .....	101
7.1	Böschungen / Baugruben / Leitungsräben .....	101
7.2	Schutz des Planums .....	103
7.3	Wasserhaltung .....	104
7.4	Verlegung von Rohrleitungen .....	104
7.4.1	Rohrbettung .....	104
7.4.2	Verfüllung der Leitungsräben .....	105
7.5	Weiterführende Empfehlungen .....	107
8	Umweltrelevante Untersuchungen .....	109
8.1	Schädliche Bodenveränderungen und Verdachtsflächen, Altlasten und altlastverdächtige Flächen .....	109
8.2	Entsorgungsweg für Aushubmaterialien .....	110

---

8.2.1	Ausbauasphalt.....	110
8.2.2	Ungebundene Straßenausbaustoffe/Böden.....	110
9	Seitenentnahmen und Eignungsnachweis .....	111
10	Berücksichtigung der Belange Dritter.....	111
11	Vorschläge für weitere Untersuchungen und Messungen .....	111

## Anlagenverzeichnis

<b>Anlage 1:</b>	Übersichtsplan	Maßstab: 1 : 5.000
<b>Anlage 2:</b>	Aufschlussplan	Maßstab: 1: 1.000
	2.1: Lageplan der Aufschlüsse - Blatt 1/3	Maßstab: 1: 1.000
	2.2: Lageplan der Aufschlüsse - Blatt 2/3	Maßstab: 1: 1.000
	2.3: Lageplan der Aufschlüsse - Blatt 3/3	Maßstab: 1: 1.000
	2.4: Lageplan bergbauliche Situation - Blatt 1/3	Maßstab: 1: 1.000
	2.5: Lageplan bergbauliche Situation - Blatt 2/3	Maßstab: 1: 1.000
	2.6: Lageplan bergbauliche Situation - Blatt 3/3	Maßstab: 1: 1.000
<b>Anlage 3:</b>	Schichtenverzeichnisse der Baugrundaufschlüsse	
	3.1: Schichtenverzeichnisse Bohrungen	
	3.2: Verfüllprotokolle Bohrungen	
<b>Anlage 4:</b>	Zeichnerische Darstellung der Baugrundaufschlüsse	
	4.1: Bohrungen	
	4.2: Rammkernsondierungen	
	4.3: Schürfe	entfällt
	4.4: Drucksondierungen (Darstellung)	
	4.5: Ableitung bodenmechanischer Parameter aus den Sondierungen	
	4.6: Schwelerei Deuben - Daten der Brunnen und GWM	
<b>Anlage 5:</b>	Laboruntersuchungen Straßenbaustoffe	
	5.1: Korngrößenverteilungen	in Anhang 1
<b>Anlage 6:</b>	Laboruntersuchungen Boden (Laboruntersuchungsbericht Nr. 1620/08)	
	6.1: Korngrößenverteilungen	
	6.2: Zustandsgrenzen, Konsistenzgrenzen	
	6.3: Proctorversuche	entfällt
	6.4: Kompressionsversuche	
	6.5: Scherversuche	
	6.6: Durchlässigkeitsbeiwerte	
	6.7: Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse	
<b>Anlage 7:</b>	Chemische Analytik	
	7.1: Grundwasser	
	7.1.1: Betonaggressivität	
	7.1.2: Stahlaggressivität	entfällt

7.1.3:	Umweltrelevante Analysenwerte	entfällt
7.1.4:	Probenahmeprotokolle / Laboranalysenberichte	entfällt
7.2:	Boden	
7.2.1:	Betonaggressivität	entfällt
7.2.2:	Stahlaggressivität	entfällt
7.1.3:	Umweltrelevante Analysenwerte	entfällt
7.2.4:	Probenahmeprotokolle / Laboranalysenberichte	
	Teil 1- Prüfbericht Nr. 10806506	
	Teil 2- Prüfbericht Nr. 10806661	
	Teil 3- Prüfbericht Nr. 10807165	
	Teil 4- Prüfbericht Nr. 10807166	
7.3:	Bodenluft	
7.3.1:	Probenahmeprotokolle / Laboranalysenberichte	
	Prüfbericht Nr. 10806561	
<b>Anlage 8:</b>	Baugrundprofile / Baugrundschnitte	
8.1:	Geotechnischer Schnitt – Längsschnitt Teil 1/2 Station 0+ 000 bis 0+ 900	1:1.000 / 1:100
8.2:	Geotechnischer Schnitt – Längsschnitt Teil 2/2 Station 0+ 900 bis 1+ 855	1:1.000 / 1:100
<b>Anlage 9:</b>	Erdstatische Nachweise - Verformungen	
9.1:	Setzungsberechnung Station 0+ 934	
9.2:	Setzungsberechnung Station 1+ 009	
9.3:	Setzungsberechnung Station 1+ 095	
9.4:	Setzungsberechnung Station 1+ 259	
<b>Anlage 10:</b>	Erdstatische Nachweise - Standsicherheit	
10.1:	Standsicherheitsnachweis nichtbindiger Dammkörper Station 0+ 934	
10.2:	Standsicherheitsnachweis bindiger Dammkörper Station 0+ 934	
10.3:	Standsicherheitsnachweis nichtbindiger Dammkörper Station 1+ 009	
10.4:	Standsicherheitsnachweis bindiger Dammkörper Station 1+ 009	
10.5:	Standsicherheitsnachweis nichtbindiger Dammkörper Station 1+ 095	
10.6:	Standsicherheitsnachweis bindiger Dammkörper Station 1+ 095	
10.7:	Standsicherheitsnachweis bestehender Straßendamm Station 0+ 569	
<b>Anlage 11:</b>	Datenträger	
<b>Anhang 1</b>	Erkundung des vorhandenen Straßenkonstruktionsaufbaues und des Untergrundes, Prüfbericht S/0354/08, Prüfgesellschaft für Straßen- und Tiefbau mbH & Co. KG, 23.12.2008	

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Stationierung der Straßenaufbrüche (Erneuerungs- und Rückbaubereiche).....	24
Tabelle 2 Stationierung und Zielstellung der Baugrundaufschlüsse.....	25
Tabelle 3 Ergebnisse der Altbergbauerkundung.....	29
Tabelle 4 Baugrundsichten (Auffüllung).....	34
Tabelle 5 Baugrundsichten (Gewachsener Untergrund).....	37
Tabelle 6 Feinanteile < 0,063 mm (Straßenbaustoffe).....	38
Tabelle 7 Klassifizierung Baugrundsicht S0-1.....	39
Tabelle 8 Klassifizierung Baugrundsicht S0-2a.....	40
Tabelle 9 Klassifizierung Baugrundsichten S0-3a bis S0-3c.....	41
Tabelle 10 Klassifizierung Baugrundsicht S0-4.....	42
Tabelle 11 Eigenschaften der angetroffenen feinkörnig-bindigen Bodenarten.....	43
Tabelle 12 Klassifizierung Baugrundsicht S2.....	43
Tabelle 13 Klassifizierung Baugrundsicht S3.....	44
Tabelle 14 Klassifizierung Baugrundsicht S4.....	45
Tabelle 15 Eigenschaften der angetroffenen gemischtkörnig-bindigen Bodenarten.....	46
Tabelle 16 Klassifizierung Baugrundsicht S5.....	46
Tabelle 17 Klassifizierung Baugrundsicht S6.....	47
Tabelle 18 Klassifizierung Baugrundsicht S7.....	48
Tabelle 19 Eigenschaften der Baugrundsichten S8, S9 und S10.....	49
Tabelle 20 Klassifizierung Baugrundsicht S8.....	49
Tabelle 21 Klassifizierung Baugrundsicht S9.....	49
Tabelle 22 Klassifizierung Baugrundsicht S10.....	50
Tabelle 23 Klassifizierung Baugrundsichten S11/S12.....	50
Tabelle 24 Zusammenstellung der erdstatischen Kennwerte.....	51
Tabelle 25 Angetroffenes Grund- und Schichtenwasser während der Erkundung 2008.....	54
Tabelle 26 Schwankungsverhalten des Grund- und Schichtenwassers.....	55
Tabelle 27 Ergebnisse der Untersuchungen mittels Lackansprühverfahren.....	57
Tabelle 28 Ergebnisse der Untersuchungen gemäß RC-Richtlinie Sachsen-Anhalt.....	59
Tabelle 29 Untersuchungen gemäß LAGA M20 - Beton-/Tragschichten (KB04, KB19, RKS22) .....	60
Tabelle 30 Untersuchungen gemäß LAGA M20 - Beton-/Tragschichten (RKS24 bis RKS26) ..	61
Tabelle 31 Untersuchungen gemäß LAGA M20 - Bankettmaterial (RKS18 und RKS20).....	62
Tabelle 32 Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (ZEB02 und ZEB03).....	65

---

Tabelle 33 Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (RKS05, RKS18, RKS22, RKS24) .	66
Tabelle 34 Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (KB04, KB19, RKS22, RKS24) .....	67
Tabelle 35 Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (RKS25, RKS26).....	68
Tabelle 36 Messungen mit dem Benkelman-Balken (Rechter Fahrstreifen) .....	70
Tabelle 37 Messungen mit dem Benkelman-Balken (Linker Fahrstreifen) .....	71
Tabelle 38 Trassenabschnitte mit Tagesbruchsicherung mittels Geotextil (Teilsicherung) .....	89
Tabelle 39 Abtragstiefen in Abschnitten mit Bodenaustausch .....	90
Tabelle 40 Dammaufbau und Verdichtung bei Dämmen ab 3 m Höhe .....	92
Tabelle 41 Dammaufbau und Verdichtung bei Dämmen bis 3 m Höhe.....	92
Tabelle 42 Ermittelte Setzungsbeträge .....	95
Tabelle 43 Ergebnisse der Standsicherheitsberechnung bezüglich Böschungsbruchs .....	97
Tabelle 44 Aufnehmbare Sohldrücke für die Baugrundsichten S3 / S6 und S4 / S7 .....	98
Tabelle 45 Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung bei Kleinbohrpfählen .....	98
Tabelle 46 Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ für bindige Böden Charakteristische .....	99
Tabelle 47 Rohrbettung/Bodenverbesserung .....	104
Tabelle 48 Einbaufähigkeit der Aushubböden .....	105

---

## Unterlagenverzeichnis

- /1/ Vertrags-Nr. 4301/0001/D4/04 vom 16.September 2008; Bauvorhaben B91 Ortsumgehung Naundorf Ortsdurchfahrt Deuben: Geotechnische Untersuchungen und Beurteilung des Baugrundes – Technische Leistungen; Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd
- /2/ Vertrags-Nr. 4301/0001/D4/03 vom 15.September 2008; Bauvorhaben B91 Ortsumgehung Naundorf Ortsdurchfahrt Deuben: Geotechnische Untersuchungen und Beurteilung des Baugrundes – Ingenieurleistungen; Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd
- /3/ Vertrags-Nr. 4301/0001/D4/02 vom 18.September 2008; Bauvorhaben B91 Ortsumgehung Naundorf Ortsdurchfahrt Deuben: Erarbeitung einer Bergschadenkundlichen Analyse (BSA); Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd
- /4/ Bauvorhaben: B 91 OU Naundorf / OD Deuben; Bericht: Vorstudie zum Altbergbau im Bereich der Planungstrasse sowie Darstellung des erforderlichen Erkundungskonzeptes für die geotechnische Bewertung des Baugrundes, Projektnummer: 90080005, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Niederlassung Leipzig, 27.06.2008
- /5/ Erneuerung der B 91, Ortsumfahrung Deuben – Naundorf; Erkundung des vorhandenen Straßenkonstruktionsaufbaues und des Untergrundes; Prüfbericht S/0354/08, Prüfgesellschaft für Straßen- und Tiefbau mbH & Co. KG, 23.12.2008
- /6/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 94, Ausgabe 1994/Fassung 1997)
- /7/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTV T-StB 95, Ausgabe 1995/Fassung 2002)
- /8/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 01, Ausgabe 2001)
- /9/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB 97/06, Ausgabe 1997/Fassung 2006)
- /10/ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 01, Ausgabe 2001)
- /11/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Straßenbauarbeiten für den Geschäftsbereich des Landesbetriebes Bau Sachsen-Anhalt (ZTV-StB LBB LSA 05/07, Ausgabe 2005/Fassung 2007)
- /12/ Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01, Ausgabe 2001)
- /13/ Richtlinie zur Verwertung mineralischer Abfälle im Straßenbau, Sachsen-Anhalt (RC-Rili Sachsen-Anhalt, Fassung 2005, Änderung 2008)
- /14/ LAGA, Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand 05.11.2004
- /15/ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG); 27.09.1994

- 
- /16/ Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung (RAS-Ew, Ausgabe 1987)
- /17/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (ZTV SoB-StB 04, Ausgabe 2004/ Fassung 2007)
- /18/ Merkblatt über Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken (Ausgabe 1991) sowie FGSV-AP Nr. 33, Teil C 1
- /19/ Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2004
- /20/ Richtlinie für die Ausarbeitung von geotechnischen Berichten sowie Berichten für die Bewertung der Restsubstanz zur Erneuerung / Rückbau von Verkehrsflächen für den Dienstaufsichtsbereich des Landesamtes für Straßenbau Sachsen-Anhalt (RiliGeoB); Juni 2001
- /21/ Handlungsempfehlungen für den Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Straßenbereiche in Altbergbau- und Subrosionsgebieten für den Dienstaufsichtsbereich des Landesamtes für Straßenbau Sachsen-Anhalt (GSbS Sachsen-Anhalt); November 2001
- /22/ Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1994
- /23/ Geotechnisch-bergschadenkundliches Gutachten für den II. und III. Planungsabschnitt der B 91 zwischen Deuben und Nessa, Ingenieurbüro Dr. G. Meier, 14.06.2006
- /24/ Dokumentation über die Durchführung von Verwahrungsarbeiten: Streckenversatz BKK Erich Weinert, Tagebau Tackau, VEB BuS (Braunkohlenbohrungen und Schachtbau) Welzow, 05.05.1977
- /25/ Bergschadenkundliche Analyse „Wildschütz-Tackau“, Bergsicherung des Bezirkes Halle, 31.07.1987
- /26/ Musterschätzung Halden – Musterschätzung Halde Deuben / Wildschütz, CUI Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur im Auftrag der LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, November 2003
- /27/ Ingenieurbüro Dr. G. Meier: Bergschadenkundliche Analyse und Sicherungskonzeption für die ehemaligen Braunkohlentiefbaugruben der Umgebung von Theißen; Wegefath: 10.03.2006
- /28/ Cone Penetration Testing in geotechnical practice, T.Lunne, P.K.Robertson and J.J.M. Powell, Blackie Academic & Professional, Imprint of Chapman & Hall, London, 1997
- /29/ Stellungnahme zum Erkundungskonzept vom 27.06.2008, Landesbetrieb Bau, Hauptniederlassung, 14.08.2008
- /30/ Ausbaudaten B91, Abschnitt K2207, Landesbetrieb Bau Niederlassung Süd, 16.06.2008
- /31/ Stellungnahme der MIBRAG mbH an das LVWA Sachsen-Anhalt, Referat Raumordnung / Landesentwicklung zur Einleitung des Raumordnungsverfahrens – „B91 Ortsumgehung Naundorf – Deuben“, 08.12.2006; AZ: BTU 4
- /32/ Schachtscheine: Envia Netz, LMBV mbH, MIBRAG mbH, Telekom, MIDEWA, ZWA Bad Dürrenberg, Kabel Deutschland, WINGAS, MITGAS; September 2008
- /33/ Auskunft zu Altlasten im Zusammenhang mit den Planungen zum Trassenverlauf der B91 Abschnitt Deuben / Naundorf, Burgenlandkreis, Immissionsschutz und Abfallwirtschaft, 23.06.2008
-

- /34/ Stellungnahme zur lagemäßigen Abgrenzung der Altlastenverdachtsflächen, B91 OU Naundorf / OD Deuben, Burgenlandkreis, Immissionsschutz und Abfallwirtschaft, 18.09.2008
- /35/ B91 OU Naundorf / OD Deuben, (Negativ-)Auskunft zu Oberflächen- und Grundwasser, Burgenlandkreis, Amt für Natur- und Gewässerschutz, 29.10.2008
- /36/ B91 OU Naundorf / OD Deuben; B91 OU Theißen, (Negativ-)Auskunft zur hydrogeologischen Situation, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Dezernat 32, 21.01.2009; Aktennotiz zur telefonischen Auskunft Dezernat 4 vom 27.01.2009
- /37/ Hydrogeologische Angaben – 27/2009/4838-4938, B91 OU Naundorf / OD Deuben; B91 OU Theißen; (Negativ-)Auskunft zu Grundwasser-Dauermessstellen, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft, 03.02.2009
- /38/ B91 OU Naundorf / OD Deuben; B91 OU Theißen; Auskunft Oberflächenwasser-/ Grundwasserbeschaffenheit, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft, 10.02.2009
- /39/ Antrag Schachterlaubnis, B91 - Ortsumfahrung Naundorf / Deuben, Ablehnung, LMBV mbH vom 26.09.2008
- /40/ Bergbauliche Stellungnahme zum Bauvorhaben B91 Ortsumgehung Naundorf / Ortsdurchfahrt Deuben, LMBV mbH vom 01.10.2008
- /41/ Tischvorlage zur Beratung LBB-LMBV vom 20.01.2009: B91-Altstandort Schwelerei Deuben, Beratungsvermerk LMBV mbH vom 04.02.2009
- /42/ B91 OU Naundorf / OD Deuben (Schwelerei Deuben); Angaben zu GW-Messstellen und Brunnen, zum Restloch Tackau und zum Braunkohlentiefbau, Anschreiben mit CD (Daten), darin enthalten Stellungnahme Braunkohlentiefbau – Planungsgebiet Ortsumfahrung Naundorf / Ortsdurchfahrt Deuben vom 17.03.2009; Ordner mit Angaben zu den Grundwassermessstellen, LMBV mbH 20.03.2009
- /43/ B91 OU Naundorf / OD Deuben - Streckenzustand im Bereich der Grube Emilie, Schreiben G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Niederlassung Leipzig an Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, 24.09.2008
- /44/ B 91 OU Naundorf / OD Deuben – Ereignisanzeige KB09, Schreiben G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Niederlassung Leipzig an Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, 17.10.2008
- /45/ Industrielle Beeinflussung des tiefen Grundwassers durch Phenole und Sulfat in der Region Zeitz, Sachsen-Anhalt, Dissertation, Kay Rehberg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 31.01.2003
- /46/ Lithofazieskarten Quartär 1:50.000, Blatt Zeitz (2665), Hydrogeologische Karten 1:50.000 (Blattschnitte 1206)
- /47/ Verwahrungsdokumentation Versatz untertägiger Hohlräume der ehem. Braunkohlengrube Paul II zur Sicherung der B91 (Bauabschnitte 4 bis 6), Vermessungsbüro Förste / Bergsicherung Ilfeld, 20.07.2001
- /48/ GGU Software, Programm GGU Settle, Version 2.4.1 (2008)
- /49/ GGU Software, Programm GGU Stability, Version 8.18 (2008)

## 0 Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen

<b>Bauvorhaben</b>	<p>Die geplante Trasse hat eine Baulänge von 1.859 m. Hinzu tritt die Anbindung zum Industriestandort der MIBRAG und zur Ortslage Naundorf. Dies wird über einen Knotenpunkt bei Bau-km 0+ 770 realisiert.</p> <p>Zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 550 ist der Bestand auf seine Erneuerungsfähigkeit untersucht worden. Anschließend an den Erneuerungsabschnitt verlässt die geplante Trasse den Bestand. Ein bis zu 9,5 m hoher Damm leitet zu einem weit spannenden Brückenbauwerk bei Bau-km 1+ 100 bis 1+ 200 über. Südlich des Brückenbauwerks verläuft die Trasse auf einem flachen Damm bis geländegleich über ein sehr stark bergbaulich geprägtes Gebiet und findet Anschluss an die B91 (Bestand und Überleitung zur geplanten OU Theißen).</p>
<b>Boden-schichtung</b>	<p>Oberflächlich und oberflächennah stehen eiszeitliche Bildungen in Form von Lösssedimenten und geschiebearmem Geschiebemergel mit unregelmäßigen Sandeinlagerungen an. Im südlichen Trassenabschnitt dominiert eine mächtige Auffüllung aus natürlichen, überwiegend bindigen Böden (Kippen). Somit werden die planumsrelevanten Schichten nahezu durchgehend von fein- und gemischtkörnigen, bindigen Böden gebildet.</p> <p>Weite Bereiche der Trasse außerhalb des Bestandes der B91 sind stark bergbaulich geprägt.</p>
<b>Grundwasser</b>	<p><b>Schichten- und teilweise Grundwasser</b> wurde verbreitet in Tiefen zwischen <b>5 und 7 m unter GOK / FOK</b> angeschnitten. Überwiegend herrschen günstige hydrologische Verhältnisse. Dem abschnittsweise möglichen Auftreten von Schichtenwasser oberhalb 2 m unter FOK kann durch die Anlage einer hangseitigen Entwässerung vorgebeugt werden</p>
<b>Tragfähigkeit</b>	<p>Im <b>Erneuerungsabschnitt</b> wird die erforderliche <b>Planumstragfähigkeit</b> bei Rückbau des bestehenden Straßenoberbaus <b>voraussichtlich nicht erreicht</b>.</p> <p>Die vorhandene Tragfähigkeit im Bereich der geplanten Dammbauwerke nördlich und südlich ist für die Aufnahme der zu erwartenden Lasten nicht ausreichend, da überwiegend gering tragfähige Schichten bereits oberflächennah anstehen oder durch tiefreichende weiche Schichten große Setzungen zu erwarten sind, die durch einen entsprechend dichten und hochwertigen Dammaufbau auszugleichen sind.</p>

<b>Gründungs- vorschläge</b>	<p>Im Erneuerungsabschnitt sind bei Rückbau des bestehenden Straßenoberbau tragfähigkeitserhöhende Maßnahmen erforderlich. Alternativ können die tieferen Teile des bestehenden Straßenoberbaus zur Nutzung der Resttragfähigkeit genutzt und überbaut werden.</p> <p>Zu Minimierung der Setzung des bis zu 9,5 m hohen Dammbauwerks wird die Errichtung eines 1 m mächtigen Gründungspolsters an der Basis des Damms empfohlen. Aufgrund der teils reichend weichen Schichten wurden in einer Setzungsprognose Setzungen bis 68 cm ausgewiesen, zuzüglich der Dammeinsetzungen. In das Gründungspolster ist abschnittsweise ein Geogitter zur Teilsicherung gegen Tagesbrüche im Bruchfeldbereich zu integrieren.</p> <p>Südlich des Brückenbauwerkes erfolgt durch die Schaffung eines Gründungspolsters und die Integration eines Geogitters sowohl ein Ausgleich für die zu erwartenden Setzungsunterschiede, als auch eine Teilsicherung gegen Tagesbrüche im Bruchfeldbereich.</p>
<b>Setzungen</b>	<p>Dämme auf weichen Beckensedimenten neigen zu Verformungen.</p> <p>Für den bis zu 9,5 m hohen Damm wurden Setzungen bis 68 cm ausgewiesen, bereits unter Berücksichtigung eines Gründungspolsters von 1 m unter Dammsohle.</p> <p>Selbst für Dämme mit geringer Dammhöhe in Bereichen mit mächtiger Auffüllungen fallen die prognostizierten Setzungen mit 15 cm hoch aus.</p> <p>Es wird davon ausgegangen, dass 60% der Setzungen nach 6 Monaten Standzeit abgeklungen sind.</p>
<b>Böschungen</b>	<p>Für die angestrebte Regelneigung der Dammböschungen von 1:1,5 (33,7°) wurden mittels Standsicherheitsberechnungen die Materialkennwerte für die zu verwendenden Dammbaustoffe ermittelt. Rollige Böden müssen im eingebauten Zustand, um eine ausreichende Standsicherheit zu gewährleisten, einem Reibungswinkel von <math>\varphi' \geq 40,0^\circ</math> oder bindige Böden durchgehend eine dauerhaft wirksame Kohäsion <math>c'</math> von <math>\geq 15 \text{ kN/m}^2</math> bei einem Reibungswinkel <math>\varphi' \geq 32,5^\circ</math> aufweisen.</p>
<b>Ingenieur- bauwerke</b>	<p>Für den Bereich des Ingenieurbauwerkes wurden schichtbezogen die zulässigen Sohldrücke angegeben, des Weiteren wurden Angaben zur Bemessung von Klein- und Großbohrpfählen gemacht.</p>

## 1 Bauvorhaben

Der Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt, Niederlassung Süd plant die Erneuerung und den Neubau der Bundesstraße B 91, Ortsumgehung Deuben - Naundorf. Im Rahmen der Entwurfsplanung wurden für die B 91 im Bereich der OU Naundorf / OD Deuben 3 Varianten herausgearbeitet. Die Variante 1.1 wird als Vorzugsvariante angenommen.

Die Erkundungsstrecke für den Erneuerungsbereich beginnt lt. Aufgabenstellung am Ortseingang Deuben (Bau-km 0+000, Bauanfang), endet vor dem Knotenpunkt Zufahrt MIBRAG, Neue Straße/Siedlung bei Bau-km 0+550 (Bauende) und besitzt somit eine Gesamtlänge von 550 m (Anlagen 1 und 2). Die Erkundungsstrecke für den Erneuerungsbereich besitzt einen bitumengebundenen Straßenoberbau.

Vom Baulastträger (LBB Sachsen-Anhalt, NL Süd) wurde für die Erneuerung der Bundesstraße die **Bauklasse II** vorgegeben. Im Zuge der Zustandserfassung und -bewertung sind Aussagen zur Erneuerung der Fahrbahn in Asphaltbauweise zu treffen. Es ist zu prüfen, ob die Ausführung der Straßenbauarbeiten im Hocheinbau unter Nutzung der Resttragfähigkeit des vorhandenen Straßenoberbaues möglich ist, oder ob ein grundhafter Ausbau im Tiefeinbau notwendig wird.

Im Bereich des Knotenpunktes wird die neue Trassenführung der Bundesstraße die vorhandene B 91 verlassen und als Neubaustrecke dreispurig im Regelquerschnitt RQ 15,5 westlich an der Ortslage Naundorf vorbei geführt. Der Knotenpunkt dient zum Anschluss der Ortslage Naundorf, sowie des Industriestandortes des Kraftwerkes Deuben (MIBRAG). Südlich des Knotenpunktes zwischen Bau-km 1+100 und 1+200 wird die Bahnstrecke der MIBRAG gequert. Zwischen dem Erneuerungsabschnitt und dem geplanten Brückenbauwerk wird die geplante Trasse in einer ausgeprägten Dammlage mit einer Dammhöhe bis > 9 m verlaufen. Südlich der Bahngleise und der Ortslage Naundorf erfolgt bei Bau-km 1+ 858 der Anschluss an die geplante Ortsumfahrung Theißen, die geplante Ordinate der Fahrbahn in diesem Abschnitt ergibt Dammhöhen < 2 m bzw. einen Verlauf entlang der GOK.

## 2 Baugrund

### 2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Die Baustrecke befindet sich auf einer pleistozänen Hochfläche (Grundmoränen-Hochfläche) mit ausgeprägter morphologischer Nord-Süd-Gliederung. Die Geländehöhen liegen bei 160 mNHN im Norden (Bauanfang, Ortsdurchfahrt Deuben) und steigen bis zum Knotenpunkt allmählich auf ~ 173 mNHN an. Vermittels einer ausgeprägten Geländestufe werden in der Ortslage Naundorf und südlich davon Höhen um 190 mNHN erreicht.

Die vorhandene Bebauung in den Ortslagen Deuben und Naundorf entspricht dem industriell genutzten Charakter des Gebietes mit zugehörigen Wohnbebauungen. In Bereichen mit straßenangrenzender Bebauung befinden sich z.T. Fußwege, Parkflächen und Busbuchten (Haltestellen).

Alle Nebenstraßen sind höhengleich angeschlossen. Der Straßenoberbau liegt bitumengebunden vor. Es sind lokal straßenbegleitende Bäume sowie Vorgärten und Grünflächen entlang des gesamten Streckenabschnittes innerhalb der Ortslagen vorhanden.

Im Bereich des Bauanfanges bis Bau-km 0+ 200 wird die B91 (Bestand) im Westen vom verfüllten Restloch Tackau begleitet.

Südöstlich der Wohnbebauung von Deuben lehnt sich die Trasse zwischen Bau-km 0+ 400 bis 0+ 650 durch Anschnitt und Anschüttung an die Nordostflanke eines Hügels an und wird dabei auf der Gegenseite im Nordosten durch die Böschung der Halde Wildschütz begleitet. Die Halde Wildschütz läuft dabei morphologisch am Fuß des Baukörpers der B91 aus.

Im Übergang zum Knotenpunkt verlässt die geplante Trasse den Bestand und schneidet nach einer kurzen Strecke über eine als Dauergrünland genutzte Fläche die derzeitige Zufahrt zur MIBRAG (Kraftwerk Deuben).

Südlich der Zufahrt zur MIBRAG bis zum geplanten Brückenbauwerk über die Werksbahn sind Teile der Flächen mit Büschen bepflanzt oder liegen brach. In diesem Streckenabschnitt existiert eine Vielzahl an ober- und unterirdischen Medienleitungen und baulichen Anlagen, teilweise der Energieversorgung (Hochspannungsleitungen), überwiegend aber zum Zweck der Altlastensanierung des unmittelbar westlich der Trasse befindlichen Altstandortes „Schwelerei Deuben“.

Südlich der Werksbahn wird das angrenzende, ebene Gelände landwirtschaftlich genutzt. Südlich Bau-km 1+ 500 nähert sich die geplante Trasse dem Bestand der B91 an und geht in die südlich anschließende Ortsumfahrung Theißen über.

Die Lage der Gradienten folgt im Erneuerungsbereich und südlich der Bahnstrecke dem dort überwiegend leicht bewegten Gelände. Im zentralen Teil zwischen Bau-km 0+ 550 und 1+ 200 sind umfangreiche Dammaufschüttungen sowie ein größeres Brückebauwerk zur verkehrsgerechten Gradientenführung geplant.

## **2.2 Geologie**

Regionalgeologisch befindet sich das Untersuchungsgebiet auf einer Grundmoränen-Hochfläche am Rande der Leipziger Tieflandsbucht mit ausgeprägter anthropogener Überprägung.

Im Verlauf der gesamten Baustrecke ist mit einer Bodenschichtung aus eiszeitlichen Lößablagerungen (Löß-Fließerde-Komplex) sowie älteren glazigenen Ablagerungen (Geschiebemergel, Sande und Kiese, eingelagerte geringmächtige Tone) zu rechnen. Darunter folgen flächendeckend die braunkohleführenden Ablagerungen des Tertiärs, die in der Umgebung von Deuben über- und untertage abgebaut wurden. Den tieferen Untergrund bilden die Gesteinsfolgen des Buntsandsteins und das darunter liegenden Zechsteins.

Die obersten natürlichen Bodenschichten werden verbreitet durch den im Durchschnitt 6-8 m mächtigen Löß-Fließerde-Komplex gebildet, welcher dem Weichsel-Glazial bis Holozän zuzuordnen ist. Dabei handelt es sich um originär stark kalkhaltige Lößsedimente (überwiegend Grobschluff, tonig, feinsandig), die bereits während ihrer Bildungszeit durch ein komplexes Zusammenspiel aus Abschwemmung und Bodenfließen umgelagert wurden, begünstigt durch Dauerfrostboden und zeitweise geringen Bewuchs. Diese Umlagerungen verursachten im Löß-Fließerde-Komplex die für äolischen Löß eher untypische, aber lokal beobachtete undeutliche Schichtung (Laminierung), die vereinzelt die Einlagerung größerer Klüften (meist gerundete Quarze bis Mittelkiesgröße) und das lokal begrenzte Auftreten geringmächtiger Feinsande und geschichteter Tone (Beckenablagerung) innerhalb dieser Schichtenfolge. Teile der Lößablagerung sind verlehmt (kalkfrei), wobei der in mehreren Profilen beobachtete mehrfache Wechsel des Kalkgehalts in der Vertikalen auf eine zeitlich wiederkehrende Bildungsabfolge hindeutet. Im Bereich der Geländestufe zur Ortslage Naundorf (Bau-km 1+ 050 bis 1+ 150) wird der Löß im Abschnitt einer Geschiebemergelauftragung geringmächtig oder fehlt ganz. Im nördlichen Trassenabschnitt (Restloch Tackau) lagert der Löß den tertiären Schichten direkt auf.

Abgesehen vom nördlichsten Trassenabschnitt werden die Lößbildungen vom elstereiszeitlichen Geschiebemergelkomplex unterlagert. Dieser wurde in Mächtigkeiten von > 4 m bis 14 m

nachgewiesen. Der Geschiebemergel wurde als schwach bis mäßig Geschiebe führender toniger, stark sandiger Schluff bis toniger, stark schluffiger Sand angetroffen, wobei sich die Korngröße der Geschiebe überwiegend im Fein- bis Mittelkiesbereich, untergeordnet im Grobkiesbereich bewegt und nur selten Steingröße erreicht. Der ursprünglich stark kalkhaltige Mergel ist teilweise verlehmt (kalkfrei), ähnlich wie beim Löß-Fließerde-Komplex beschränkt sich die Verlehmung nicht nur auf die hangenden Schichtglieder, sondern kann auch im Liegenden auftreten, deutlicher Hinweis auf die zeitlich getrennte Bildung während verschiedener, aufeinanderfolgender Eisvorstöße (Elster 1 und 2-Vorstoß). Eine weitere Gliederung des Geschiebemergelkomplexes erfolgt im zentralen Trassenabschnitt zwischen Bau-km 0+ 700 und 0+ 950 durch die Einschaltung bis zu 7 m mächtiger Sande und Kiese, die den jüngsten, lokal begrenzten quartären Grundwasserleiter bilden. Im Bereich der Ortslage Naundorf bildet der Geschiebemergel eine oberflächennah anstehende, nur geringmächtig überdeckte Hochlage nördlich der Bahngleise, welche auch im Lageplan durch die Böschungssignaturen und den Bestand an älterer Bebbauung östlich der Trasse markant hervortritt. Durch die Trasse wird diese Hochlage zwischen Bau-km 1+ 050 und 1+ 150 geschnitten. Im Rahmen der Baugrunderkundung wird konnte diese Geschiebemergelhochlage aufgrund fehlender Baufreiheit nicht direkt erkundet werden, die Bohrung KB 11 befindet sich in einem Einschnitt in diese Struktur. Da für die konkrete Verbreitung des Geschiebemergels oberhalb der Bohrung KB 11 nur indirekte Erkenntnisse in Form von Schichtenverzeichnissen Dritter vorliegen, erfolgt die Darstellung dieser Erhebungen im geotechnischen Längsschnitt (Anlage 8) signaturlos als Auffüllung.

Die Basis der Quartärschichten lag südlich der Bahnlinie ursprünglich zwischen 173-178 mNHN und fällt nach Norden, den Abfall der Geländeoberkante begleitend, auf 155 mNHN ab. Dies wird in erster Linie durch den Ausfall der tertiären Schichten im Hangenden des Thüringer Hauptflözes (III) hervorgerufen, dessen Oberkante im Untersuchungsgebiet entlang der Trasse vorbergbaulich relativ gleichmäßig bei 154 – 157 mNHN gelegen haben dürfte, sich in Richtung Südosten (Anschluss an Ortsumfahrung Theißen) und Nordosten mit der Ausbildung ausgeprägter Mulden und Kessel aufspaltet und unter die Deckschichten abtaucht. Die Deckschichten des Thüringer Hauptflözes (III) bilden Fein- und Mittelsande, sowie Schluffe und Tone im Wechsel. Südlich der Bahnlinie tritt im Hangenden des Flözes III ein bis zu 7 m mächtiges, meist unreines, von Sanden begleitetes Kohleflöz in Erscheinung.

Abschnittsweise treten mächtige Ablagerungen anthropogenen Ursprungs bzw. anthropogen beeinflusste natürliche Böden auf.

Im Zuge der Baumaßnahme können Baugrundsichtungen vorgefunden werden, die auf Grund des punktuellen Charakters der Baugrundaufschlüsse nicht erfasst werden konnten.

### **2.2.1 Anthropogene Aufschüttungen**

In zwei Trassenabschnitten wurden mächtigere anthropogene Aufschüttungen festgestellt. Im Trassenabschnitt südlich der MIBRAG-Zufahrt bis zur Werksbahn (Bau-km 0+ 900 bis 1+ 050) wurde eine bis zu 3 m mächtige, teilweise bis in 1,5 m Tiefe humose Auffüllung aus umgelagerten Schluffen und stark schluffigen Sanden nachgewiesen.

Südlich der Bahnlinie wurden die bergbaubedingten Geländesenkungen durch eine 8 bis 15 m mächtige Auffüllung ausgeglichen. Zu diesem Zweck wurden Abraummassen benachbarter Tagebaue, vornehmlich bindiges Material des Löß-Fließerde- und Geschiebemergelkomplexes, untergeordnet auch tertiäre Sande, verkippt.

Die auf Luftbildern sichtbaren Kipprippen verlaufen parallel zur B91 (Bestand) und damit in einem spitzen Winkel zur geplanten Trasse. Durch die Technologie der Verkipfung sind sowohl in Richtung der Kipprippen, vor allem aber senkrecht dazu, sehr rasche und gravierende Wechsel in der Materialzusammensetzung und den bodenmechanischen Eigenschaften (Verdichtungsgrad, Lagerungsdichte, Konsistenz) zu erwarten. Trotz überwiegend bindigen Kippböden ist im Kippenbereich ein rasches Versinken der Niederschläge zu erwarten, verbunden mit einem tiefgründigen Aufweichen der stark wasserempfindlichen Böden.

## **2.3 Hydrogeologie / Hydrologie**

Das Arbeitsgebiet befindet sich im Einzugsgebiet der Saale. Aufgrund der morphologischen Hochlage bei Naundorf erfolgt die Entwässerung allerdings nicht in die etwa 8 km südöstlich gelegene Weiße Elster, sondern über die Nödlitz nach Norden und Nordosten. Die Nödlitz führt in ihrem weiteren Verlauf ihr Wasser über die Rippach direkt der Saale zu.

Der lokale Vorfluter, die Nödlitz, ist sehr stark anthropogen beeinflusst und wurde in seinem Lauf mehrfach umverlegt, um Tagebauen und Senkungsgebieten des Braunkohlentiefbaus auszuweichen. Westlich des geplanten Brückenbauwerkes wird die Nödlitz in einem Einlaufbauwerk gefasst und durchquert das Arbeitsgebiet überwiegend unterirdisch in Anlehnung an ihren früheren, natürlichen Verlauf. Dieser führte direkt unterhalb der Geländeerhebung nordwestlich an Naundorf vorbei, schwenkt im weiteren Verlauf auf die B91 (Bestand) ein und folgt dieser Richtung bis zum Ortsausgang Deuben. Die Nödlitz ist Vorflut für lokale Industrieansiedlungen (MIBRAG-Standort Deuben) und für Abschlagswässer aus der Sanierung des Altstandortes „Schwelerei Deuben“ (LMBV).

Die natürlichen hydrogeologischen Verhältnisse sind sehr stark anthropogen überprägt. Infolge des Bergbaus bestehen regionale und lokal hydraulische Verbindungen zwischen allen Grundwasserleitern im Hangenden des Thüringer Hauptflözes (III). In den Randbereichen des Arbeitsgebietes sind dies die Anschnitte des Deckgebirges durch ehemalige Tagebaue (Restloch Tackau und weitere Tagebaue in Richtung Nordwesten, Tagebaue im Bereich der Halde Wildschütz). Für den zentralen und südlichen Trassenabschnitt sind die Störungen der Lagerungsverhältnisse des Deckgebirges im Bereich der Bruchfelder prägend für die hydraulischen Verbindungen unter den einzelnen Grundwasserleitern. Daneben sind lokal hydraulische Verbindungen über vertikale Grubenbaue (Schächte) möglich. Aufgefahrene Strecken bilden die Grundlage einer horizontal gerichteten hydraulischen Verbindung in dem eigentlich mit den Flözbegleitern als Stauer wirkenden Kohleflöz im Liegenden der betrachteten Schichtenfolge.

Quartäre Grundwasserleiter sind im Arbeitsgebiet an die Verbreitung des Geschiebemergelkomplexes gebunden, sowie lokal begrenzt und in rasch wechselnder Mächtigkeit und Tiefenlage verbreitet. Durch unregelmäßig eingeschaltete und verzahnte Sandlinsen wechselnder Mächtigkeit wirkt der Geschiebemergel als Ganzes als ein Grundwassergeringleiter, teilweise mit der Ausbildung mehrerer getrennter und lokal eng begrenzter Grundwasserstände (Schichtenwasser). Sie werden in weiten Teilen vom 6-8 m mächtigen, bindigen Löß-Fließerde-Komplexes überdeckt. In signifikanter Mächtigkeit bis 7 m finden sich die jüngeren quartären Grundwasserleiter (GWL 13 und 14) nur in einem Ost-West-gerichteten Streifen zwischen dem Erneuerungsbereich im Norden und der Werksbahn im Süden (Bau-km 0+ 650 bis 1+ 200). In den Randbereichen seiner Verbreitung ist dieser GWL meist stark schluffig ausgebildet, in den zentralen Abschnitten besitzt er aber eine hohe Wasserdurchlässigkeit. Der Grundwasserabstrom in diesen GWL ist nach Osten bis Nordosten gerichtet.

Der nächst ältere Grundwasserleiterkomplex befindet sich im Übergangsbereich zwischen Quartär und Tertiär. Aufgrund der ausgeprägten natürlichen hydraulischen Verbindung wird er als GWL 18/27 zusammengefasst, bzw. beim Fehlen von quartären Schichtanteilen als GWL 27 bezeichnet. In signifikanter Mächtigkeit von 2 – 5 m ist er im Bereich der Ortslage Naundorf und südlich verbreitet, in der Tiefenlage von 155 -160 mNHN im Bereich des geplanten Knotenpunktes, > 170 mNHN im Bereich der Bahngleise und zwischen 155-165 mNHN im Bereich des Bruchfeldes (meist 18 bis > 20 m, lokal 10 m unter GOK). Vom darunter liegenden Tertiär wird der GWL 27 durch ein unreines Flöz und dessen lokal verbreiteten bindigen Flözbegleitern getrennt.

Die Sande im Hangenden des Thüringer Hauptflözes werden als GWL 33 zusammengefasst und sind südlich Bau-km 1+ 000 in einer Tiefenlage > 20 m bis 45 m (tiefer 155 – tiefer 145

mNHN) verbreitet. Sie wurden in zusammenhängender Mächtigkeit bis zu 5 m nachgewiesen. Der GWL 33 ist durch eingelagerte Schluffe, Tone und Kohleflöze lokal aufgespalten.

Unterhalb des regional verbreiteten Thüringer Hauptflözes (III) werden die tiefliegenden tertiären GWL 52 und GWL 61 ausgehalten, die für die Betrachtung des Baugrundes allerdings keine Bedeutung erlangen.

Die tertiären Sandschichten bilden damit mehrere tertiäre Grundwasserleiter, die von den begleitenden Tonen und Schluffen (Stauer) je nach Art ihrer Ausbildung und Erhaltung mehr oder weniger deutlich voneinander getrennt sind.

Grundwasserleiter im Festgestein sind für das Vorhaben nicht relevant.

Behördliche Angaben zum HGW liegen nicht vor.

## 2.4 Besonderheiten

Das Untersuchungsgebiet ist der Erdbebenzone 0 zugehörig und befindet sich nicht im Einflussbereich geotektonisch aktiver Gebiete oder von Subrosionszonen.

Im Planungsgebiet wurde Braunkohle im Tiefbau auf mehreren Sohlen und Etagen sowie im Tagebau abgebaut. Der historische Kern der Ortslagen und der Sicherheitspfeiler der bestehenden B91 war nicht vom Abbau betroffen, wird aber an mehreren Stellen von Aus- und Vorrichtungsstrecken gequert. Im Bereich der Trassenachse (Variante 1.1) wurden keine Tagesöffnungen (Schächte, Stollenmundlöcher) des Braunkohlenbergbaus festgestellt. Die Trasse verläuft über Bruchfelder und Strecken verschiedener Braunkohlentiefbaugruben:

### a) Braunkohlentiefbaugrube (BTG) „Emilie bei Tackau“ (1886/1892-1937/1942)

Die BTG „Emilie bei Tackau“ trägt im Informationssystem Altbergbau (ISAB) die Nummer 1206-31/85 und ist als Bergbau ohne Rechtsnachfolge eingeordnet (/42/).

Durch die Grube „Emilie“ betriebene Tagebaue und Tiefbaue betreffen den Trassenabschnitt 0+000 bis 0+650. Die Grube „Emilie“ übernahm durch Zulage dabei Teile der Abbaufelder der Grube „Hedwig bei Wildschütz“ (1878/1895-1924/1942) südlich der B91 und der Grube „Carl Gustav bei Wildschütz“ nördlich der B91, östlich der Ortslage Deuben.

Die nördlich der B91 betriebenen Tagebaue Emilie I und Emilie II sind durch ihre Außenkippe (Halde Deuben / Wildschütz), deren Böschungsfuß bis an den Baukörper B91 heranreicht, für den Planungsabschnitt 0+350 bis 0+650 relevant. Zum Aufbau der Halde Deuben / Wildschütz haben neben der Grube „Emilie“ noch weitere Tagebaubetriebe beigetragen.

Die für die Planung relevante Südböschung der Halde Deuben / Wildschütz liegt den Bruchfeldern der 1. und 2.Sohle auf.

Der in den Bereich der Grube „Emilie“ fortgesetzte südliche Tagebau „Hedwig“ hinterließ südwestlich der B91 ein Restloch, welches für den Planungsabschnitt 0+000 bis 0+200 relevant ist (Restloch Tackau). Kurze Streckenabschnitte der 3. Sohle sind im Bereich des Restloches erhalten. Das mittels eingespülter Kohletrübe und Asche teilverfüllte Restloch wurde durch die gezielte Verkipfung von Recyclingbaustoffen und den Einbau von Betonschwellen bis in ein Niveau von 163 mNHN aufgefüllt (Projektrüberschaft LMBV). Angaben und Untersuchungen zur Standsicherheit der östlichen Endböschung des ehemaligen Tagebaues, auf der die B91 (Bestand) verläuft, liegen nicht vor. Dieser Böschungsabschnitt und die B91 werden von drei die Trasse kreuzenden Förderstrecken der 1.Sohle der Grube „Emilie“ gequert (Abschnitt 0+000 bis 0+100). Die Strecken wurden im Zuge der Erkundung als offen festgestellt.

Die tieferen Sohlen der Grube Emilie sind aufgrund ihrer Lage für die Aufgabenstellung nicht relevant.

Niveau der Tiefbausohlen:

3. Sohle: 139 mNHN    2. Sohle: 142 mNHN    1. Sohle: 144 mNHN

#### **b) Braunkohlentiefbaugrube „Naumburg bei Deuben“ (1889-1933) – Westfeld**

Die BTG „Naumburg bei Deuben“ trägt im Informationssystem Altbergbau (ISAB) die Nummer 1206-31/59 und ist als Bergbau ohne Rechtsnachfolge eingeordnet (/42/).

Der Abbau im Westfeld erfolgte in 7 Sohlen mit teilweise bis zu 3 Etagen. Die Abbaufelder der der Grube „Naumburg“ als Abteilung zugeordneten Grube „Kamerad“ (nördlich und östlich der Ortslage Naundorf) haben für die Planungsaufgabe keine Relevanz, allerdings existieren Förderstrecken zum Abbaufeld der Abteilung „Kamerad“, die den Trassenverlauf queren. Im Bereich des geplanten Knotenpunktes bis zur Kohlebahn erfolgte der Abbau des nach Süden einfallenden Flözes in einer Sohle, die der 2. bzw. 3.Sohle zuzuordnen sind. Südlich der Kohlebahn erfolgte der Abbau im Trassenbereich in 4 bis 7 Abbausohlen übereinander, die der 5. bis 3.Sohle, sowie der 1. bis 3.Etage der 3.Sohle zuzuordnen sind. Bei Vergleich verschiedener Abbaufelder der Grube „Naumburg“ überschneidet sich das Höhenniveau der Strecken der einzelnen Etagen und Sohlen:

7.Sohle: 130,5 mNHN

6.Sohle: 137 mNHN

5.Sohle: 141 mNHN (lokal als Förderstrecken bei bis zu 144 mNHN)

4.Sohle: 145,5 bis 146,5 mNHN

1.Etage der 4.Sohle: 148 m NHN (nach Süden auf 146 mNHN absinkend)

3. Sohle: 149 mNHN (an der Grenze zur Grube „Paul“ im Niveau der 4.Sohle aufgefah-  
ren: 145-146 mNHN, nach Südwesten im Niveau der 1.Etage der 3.Sohle bei 147,5 mNHN auf-  
gefahren)

1.Etage der 3.Sohle: 150-153 mNHN

2.Etage der 3.Sohle: 154-157 mNHN

3.Etage der 3.Sohle: 158-159 mNHN

2. Sohle: 153 mNHN (im Norden als geneigte Sohle von 150-152 mNHN)

1. Sohle: 154 mNHN (Förderstrecken im Oberflöz bis 162 mNHN der 1.Sohle zugeordnet)

### **c) Braunkohlentiefbaugrube „Paul II“ bei Luckenau**

Die BTG „Paul II“ bei Luckenau in Rechtszuordnung der LMBV mbH trägt im Informations-  
system Altbergbau (ISAB) die Nummer 1206-31/70/02 (/42/).

Der Braunkohlenabbau wurde von 1873 bis 1958 im Tiefbau auf 11 Sohlen realisiert. Zu-  
sätzlich wurde zur Wasserhaltung oberhalb der 5. und 7. Sohle jeweils eine Etage aufgefah-  
ren. Im Planungsbereich sind die 11. bis 3. Sohle relevant:

11. Sohle: 112 mNHN

10. Sohle: 117 mNHN

9. Sohle: 122 mNHN

8. Sohle: 127 mNHN

7. Sohle: 130 mNHN

1.Etage der 7. Sohle: 132 mNHN

6. Sohle: 135 mNHN

5. Sohle: 137 mNHN

1-Etage der 5. Sohle: 140,0 m NHN

4. Sohle: 141 mNHN

3. Sohle: 147 mNHN

2. Sohle: 151 mNHN

1.Sohle: 155 mNHN

Für die BTG „Paul II“ bei Luckenau sind bis 2012 noch Verwahrungsmaßnahmen für Berei-  
che vorgesehen, welche oberhalb des Grenzzustandes einzustufen sind. Die erforderlichen  
Maßnahmen befinden sich planungstechnisch im Anfangszustand (/42/).

### 3 Untersuchungen

#### 3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse

Die durchgeführten Aufschlüsse dienten 3 grundlegenden Zielstellungen:

- Erkundung des Straßenoberbaues und des Unterbaues / Untergrundes im Erneuerungsbereich Bau-km 0+ 000 bis ca. 0+ 550 (Zustandserfassung und -bewertung), sowie in den Rückbaubereichen der B91 und angrenzender / kreuzender Verkehrswege (Knotenpunkt mit Anschluss MIBRAG, Siedlung und OL Naundorf, Rückbaubereich B91 südlich Naundorf, Anschlussbereich B91 an Ortsumfahrung Theißen)
- Erkundung des Baugrundes im Bereich der Neubaustrecke, ~~überwiegend mit tieferreichenden Aufschlüssen~~ zur Berücksichtigung der Altbergbauproblematik
- Gezielte Erkundung des Altbergbaus bei risskundigen Streckenauffahrungen, die die Trasse kreuzen (Ansatzpunkte aufgrund der Bohrfreiheit teilweise außerhalb des geplanten Baukörpers)

Zur Klassifizierung der ungebundenen Schichten des Straßenoberbaues und des Unterbaues/Untergrundes und zur Untersuchung der angetroffenen gebundenen Schichten sind 2 Straßenaufbrüche (Bohrkernentnahmen  $\varnothing$  300 mm und Aufgrabungen bis zum Planum) sowie Kleinrammbohrungen bis  $t = 2,80$  m im Bereich der Fahrbahn gleichmäßig verteilt worden (Messpunkte ZEB 02 und ZEB 03).

Es wurden an 6 weiteren Messstellen Bohrkernentnahmen  $\varnothing$  300 mm und Aufgrabungen bis zum Planum realisiert. Diese Messpunkte befinden außerhalb der Erkundungsstrecke zur Zustandserfassung und -bewertung. Die Ergebnisse werden aber zur Planung des Gesamtprojektes Erneuerung/Neubau der Bundesstraße B 91 benötigt.

Die ausgeführten Straßenaufbrüche wurden wie folgt stationiert:

Aufschluss	Kurzzeichen	Bereich	Station [Bau-km]/ Höhe [m NHN]
Bohrsondierung 1	ZEB 02	Erneuerungsstrecke B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	0+197 / 163,95
Bohrsondierung 2	ZEB 03	Erneuerungsstrecke B 91, Richtungsfahrbahn Zeitz	0+378 / 167,33
Bohrkernentnahme Asphalt, Aufgrabung	KB 04	Erneuerungsstrecke B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	0+569 / 171,88

<b>Aufschluss</b>	<b>Kurz- zeichen</b>	<b>Bereich</b>	<b>Station [Bau-km]/ Höhe [m NHN]</b>
Bohrkernentnahme As- phalt, Aufgrabung	KB 19	Erneuerungsstrecke B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	1+700 / 193,72
Bohrkernentnahme As- phalt, Aufgrabung	RKS 22	Erneuerungsstrecke B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	0+052**/175,54
Bohrkernentnahme As- phalt, Aufgrabung	RKS 24	Zufahrt MIBRAG Neue Straße	*/181,5
Bohrkernentnahme As- phalt, Aufgrabung	RKS 25	Zufahrt Siedlung Neue Straße	*/177,66
Bohrkernentnahme As- phalt, Aufgrabung	RKS 26	Erneuerungsstrecke B 91, Richtungsfahrbahn Zeitz	*/190,02

**Tabelle 1** Stationierung der Straßenaufbrüche (Erneuerungs- und Rückbaubereiche)

\* = außerhalb der Bau-km-Trassierung; \*\*= Station Knotenpunkt Richtung Naundorf; Stationierung lt. Plan (02/2009)

Zur tieferen Erkundung des Baugrundes und des Altbergbaus wurden die folgenden Aufschlüsse niedergebracht:

<b>Aufschluss</b>	<b>Kurz- zeichen</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>Station [Bau-km]/ Höhe [m NHN] / Teufe [m]</b>
Kernbohrung / Teilkernbohrung	KB01	Altbergbau-Streckenerkundung	0-013 / 161,93 / 20,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB04	Baugrund B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	0+569 / 171,88 / 10,0
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS05	Baugrund B 91, Richtungsfahrbahn Zeitz	0+657 / 172,93 / 8,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB06	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Bruchfeld)	0+745 / 175,20 / 15,0
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS07	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Bruchfeld)	0+841 / 177,34 / 15,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB08	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Bruchfeld)	0+934 / 177,34 / 30,0
Kernbohrung / Teilkernbohrung	KB09	Altbergbau-Streckenerkundung	- / 181,29 / 35,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB10	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Streckenerkundung)	1+009 / 178,67 / 32,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB11	Baugrund neue Trasse, Widerlager Nord	1+095 / 181,51 / 32,0

<b>Aufschluss</b>	<b>Kurz- zeichen</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>Station [Bau-km]/ Höhe [m NHN] / Teufe [m]</b>
Kernbohrung / Teilkernbohrung	KB12	Altbergbau-Streckenerkundung	- / 188,13 / 8,5
Kernbohrung / Drucksondierung	KB13	Baugrund neue Trasse, Widerlager Süd, Streckenerkun- dung (Altbergbau)	1+197 / 191,65 / 50,0
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS14	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Bruchfeld)	1+259 / 191,63 / 20,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB15	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Bruchfeld)	1+336 / 192,53 / 60,0
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS16	Baugrund neue Trasse, Altbergbau (Bruchfeld)	1+437 / 192,33 / 20,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB17	Baugrund neue Trasse, Streckenerkundung (Altbergbau)	1+519 / 192,58 / 69,4
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS18	Baugrund B 91, Richtungsfahrbahn Zeitz	1+616 / 193,57 / 6,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB19	Baugrund B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	1+700 / 193,72 / 6,0
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS20	Baugrund B 91, Richtungsfahrbahn Zeitz	1+775 / 193,50 / 6,0
Kernbohrung / Teilkernbohrung	KB21	Altbergbau-Streckenerkundung	(1+766) / 193,60 / 66,0
Kleinrammbohrung/ (Drucksondierung)	RKS22	Baugrund B 91, Richtungsfahrbahn Weißenfels	0+052**/175,54 / 6,0
Kernbohrung / Drucksondierung	KB23	Baugrund Knotenbereich, Altbergbau (Bruchfeld)	-* / 179,17 / 15,0
Kleinrammbohrung/ Drucksondierung	RKS24	Baugrund Neuer Anschluss MIBRAG	-* / 181,5 / 6,0
Kleinrammbohrung	RKS25	Rückbau Anschluss Siedlung	-* / 177,66 / 2,0
Kleinrammbohrung	RKS26	Rückbau / Umbau B91 südlich Ortseingang Naundorf	-* / 190,02 / 2,0

**Tabelle 2** Stationierung und Zielstellung der Baugrundaufschlüsse

\* = außerhalb der Bau-km-Trassierung; \*\* = Station Knotenpunkt Richtung Naundorf; Stationierung lt. Plan (02/2009)

Die Lage der Untersuchungsstellen ist zudem der Anlage 2 zu entnehmen.

### **3.2 Felduntersuchungen**

Außer den Drucksondierungen neben ausgewählten, tief reichenden Baugrundaufschlüssen (siehe Tabelle 2) sind zur Beurteilung des komplexen Tragverhaltens des ungebundenen Straßenoberbaues Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken im Trassenbereich zwischen Bau-km 0+ 000 und 0+ 550 durchgeführt worden.

Im Zuge einer Bohrlochhavarie wurden am Standort KB09 Luftproben aus dem Bohrloch entnommen.

Die Feldarbeiten wurden vom 22.09 bis 08.11.2008 von den folgenden Firmen ausgeführt:

- Straßenaufbrüche (Erneuerungs- und Rückbaubereiche) wie in Tabelle 1: Prüfgesellschaft für Straßen- und Tiefbau mbH & Co. KG
- Sämtliche Kleinrammbohrungen: G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Niederlassung Sachsen-Anhalt, Büro Halle
- Drucksondierungen: Geotechnik Heiligenstadt GmbH
- Kernbohrungen: Baugrunderschließung Grimme GmbH, Subauftragnehmer für tiefere Kern- und Teilkernbohrungen: Bohr- und Brunnenbau Stedten GmbH
- Bodenluftprobenahme: Eurofins AUA GmbH

Die Feldarbeiten wurden durchgängig durch Mitarbeiter der G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH betreut.

### **3.3 Laboruntersuchungen**

An den aus dem Untergrund entnommenen Proben wurden folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

#### Asphaltproben:

- 24 x Bestimmen Dicken der Konstruktionsschichten, 6 x Schichtentrennung von Bohrkernen
- 3 x Bestimmen der Raumdichte und der Rohdichte des Mischgutes
- 3 x Bindemittelgehalt mit qualitativer Bindemittelrückgewinnung
- 3 x Korngrößenverteilung nach DIN 1996
- 3 x Erweichungspunkt RUK, Art des Bindemittels nach DIN 52011

#### Straßenoberbau:

- 3 x Bestimmung der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123

#### Böden:

- 11 x Natürlicher Wassergehalt nach DIN 18 121
- 31 x Konsistenzgrenzen nach DIN 18122

- 3 x Nasssiebung nach 18123
- 24 x kombinierte Sieb- und Sedimentationsanalyse (Aräometerverfahren) nach DIN 18123
- 22 x Bestimmung der natürlichen Rohdichte nach DIN 18125
- 5 x Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130
- 3 x Bestimmung des Glühverlustes
- 19 x Scherversuch nach DIN 18137
- 6 x Drucksetzungsversuch bei behinderter Seitenausdehnung (Ödometerversuch) nach DIN 19135

Außerdem wurden die folgenden umweltchemischen Untersuchungen durchgeführt

**Umweltchemische Untersuchungen:**

Asphaltproben:

- 8 x Teer-/Pechgehaltsprüfung mittels Lackansprühverfahren einschließlich organoleptischer Prüfung

Straßenoberbau:

- 8 x Bestimmung der Verwertungs-/Einbauklassen nach RC-Richtlinie Sachsen-Anhalt

Bankettmaterial:

- 2 x Bestimmung der Verwertungs-/Einbauklassen nach RC-Richtlinie Sachsen-Anhalt

Planumsböden

- 12 x Bestimmung der Verwertungs-/Einbauklassen nach LAGA M20, 1.2 Bodenmaterial

Organoleptisch auffällige Böden

- 1 x Komplettanalyse nach LAGA M20, 1.2 Bodenmaterial

Oberboden

- 3 x Bestimmung der Vorsorgewerte nach BBodschG / V

Bodenluft

- 1 x Bestimmung der Permanentgase, sowie Methan und weitere Bestandteile

## 4 Ergebnisse der Untersuchungen

### Erneuerungs- und Rückbaubereiche

Der vorhandene Straßenoberbau des Erkundungsabschnittes der B 91 wurde an 2 Untersuchungspunkten (ZEB 02 und ZEB 03) erkundet. An diesen 2 Messpunkten erfolgten Straßenaufrühe (Bohrkernentnahmen  $\varnothing$  300 mm) mit Aufgrabungen bis zum Planum. Des Weiteren wurde an diesen Messpunkten der Untergrund mittels Kleinrammbohrsondierung bis max.  $t = 2,80$  m erkundet.

Außerdem wurde auftragsgemäß der Straßenoberbau an 6 weiteren Untersuchungspunkten erkundet (Tabelle 1). An den Messpunkten erfolgten Straßenaufbrüche (6 Bohrkernentnahmen  $\varnothing$  300 mm) mit Aufgrabungen bis zum Planum und Probenahmen der Schichten des Straßenoberbaues sowie der Planumserdstoffe.

### Erkundung des Baugrundes (Neubaustrecke, Anschluss an Bestand mit Rückbau / Umbau)

Die Aufschlussarbeiten (Kernbohrungen, Kleinrammbohrungen, Drucksondierungen → Erkundungsumfang siehe Tabelle 2) wurden durchgehend durch Mitarbeiter der G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH betreut. Es erfolgte eine Aufnahme der Schichtenverzeichnisse und eine umfangreiche Probenahme. Die gewonnenen Proben wurden umgehend den Laboren zur weiteren Untersuchung übergeben (Kapitel 3.3 Laboruntersuchungen). Ein Teil der Proben wurde zurückgestellt (Aufbewahrungsort in G.E.O.S. Freiberg, Niederlassung Leipzig). Durch eine Kombination der geotechnischen Zielstellung der Aufschlüsse mit Fragen der Altbergbauproblematik wurden Erkundungstiefen von bis zu 70 m erreicht.

Die begleitenden Drucksondierungen wurden nach RICHARDSON et al. /28/ entsprechend DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476 ausgewertet und dienten der Validierung und Ergänzung der Schichtenverzeichnisse hinsichtlich Lagerungsdichte und Konsistenz sowie der Ableitung geomechanischer Parameter der angetroffenen Baugrundsichten. Es wurde durchgehend ein Konusfaktor von  $N_k=20$  angesetzt.

### Erkundung Altbergbau

Zur Streckenerkundung dienten die folgenden Aufschlüsse: **KB01**, KB09, KB10, KB12, KB13, KB17 und KB21. Zur Erkundung der Bruchfelder und der mit ihnen in Zusammenhang stehenden bergbaubedingten Geländesenkungen und -auffüllungen dienten die folgenden Aufschlüsse: KB06, RKS07, KB08, RKS14, KB15, RKS16 und KB23. Die Aufschlüsse KB04 und RKS05

dienten zur Abgrenzung des Schüttkörpers der Halde Wildschütz vom Baukörper der B91. Es wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

<b>Aufschluss Kurzzeichen</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>Höhe [m NHN] Teufe [m]</b>
KB01	Strecke unverwahrt nachgewiesen (Hohlraum 2,2 m, Schlamm 1,8 m), Bohrloch zur Verwahrung ausgebaut	Strecke von 146,5 – 142,5 Strecke von 15,4 – 19,4
KB04	B91 verläuft auf Gewachsenem, Halde Wildschütz endet im nördlich vorgelagert vor Baukörper der B91	- -
RKS05	B91 verläuft auf Dammschüttung, Halde Wildschütz endet im nördlich vorgelagert vor Baukörper der B91	- ab 2,0 m Gewachsenes
KB06	Bruchfeld nicht erreicht / durchteuft keine Auffüllung festgestellt, aufgeweichte Schichten bis 7 m unter GOK	- -
RKS07	Bruchfeld nicht erreicht / durchteuft keine Auffüllung festgestellt, aufgeweichte Schichten bis 7 m unter GOK	- -
KB08	Bruchfeld nachgewiesen / durchteuft 3 m Senkung / Auffüllung festgestellt, aufgeweichte Schichten bis 11 m unter GOK	- -
KB09	Strecke unverwahrt nachgewiesen (Hohlraum 4,2 m), Gasaustritt, Bohrloch zur Verwahrung ausgebaut	Strecke von 151,3 – 147,1 Strecke von 30,0 – 34,2
KB10	Strecke nicht nachgewiesen; 2,5 m Auffüllung festgestellt, aufgeweichte Schichten bis 9 m unter GOK	- -
KB12	Bohrung an Bohrhindernis abgebrochen; 8,5 m Auffüllung festgestellt	- -
KB13	Strecke unverwahrt nachgewiesen (Hohlraum 1,3 m), Bohrloch zur Verwahrung ausgebaut; 8 m Senkung / Auffüllung über Bruchfeld angetroffen	Strecke von 145,15 – 143,85 Strecke von 46,5 – 47,8
RKS14	Bruchfeld nicht erreicht / durchteuft 12 m Senkung / Auffüllung über Bruchfeld angetroffen	- -
KB15	Bruchfeld nachgewiesen / durchteuft 15,5 m Senkung / Auffüllung festgestellt	tiefste Abbausohle bei 133,0 tiefste Abbausohle bei 59,0
RKS16	Bruchfeld nicht erreicht / durchteuft 12 m Senkung / Auffüllung über Bruchfeld angetroffen	- -
KB17	Strecke mit Vollversatz nachgewiesen, Bohrung verfüllt; 6,5 m Senkung / Auffüllung über Bruchfeld angetroffen	Strecke von 124,0 – n.d. Strecke von 68,55 – n.d. (n.d. = nicht durchteuft)
KB21	Strecke mit Teilversatz (1,6 m) nachgewiesen, Bohrloch zur Verwahrung ausgebaut	Strecke von 130,55 – 128,95 Strecke von 63,05 – 64,65
KB23	Bruchfeld nicht erreicht / durchteuft keine Auffüllung / aufgeweichte Schichten festgestellt	- -

**Tabelle 3** Ergebnisse der Altbergbauerkundung

Die Ergebnisse der Erkundung der KB01 (Bereich B91-Bestand) wurden umgehend der zuständigen Bergbehörde zur Kenntnis gebracht /43/. Auf eine vergleichbare Strecke parallel zur B91 kam es in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wiederholt zu Tagesbrüchen mit Durchmessern bis zu 5 m.

Während der Bohrarbeiten am Standort KB09 kam es unerwartet zu einer Bohrlochhavarie. Am 16.10.2008 wurde in der Bohrung wie erwartet Hohlraum angetroffen (von 30,0- 34,2 m u unter GOK), überlagert von 4,4 m nasser, aufgelockerter, grusig-stückiger Kohle (leicht zu Bohren). Es wurde eine Versatzrohrtour (DN50) bis -30,0 m u. GOK eingebaut. Der erste Wasseranschnitt erfolgte bei -7,2 m u. GOK. Unterhalb des Geschiebemergels bis zur Kohle musste Wasser zugegeben werden, um einem hydraulischen Grundbruch vorzubeugen, da das vorhandene Wasser ständig abließ. Auf der mit der Bohrung KB09 erkundeten Strecke kam es unmittelbar westlich des Bohransatzpunktes 2001 zu einem Bruch mit den Dimensionen Tiefe von 2,5 m / Durchmesser 2,5 m.

Mit dem Ausbau der Hohlbohrschnecke wurde am 16.10. begonnen, dabei kam es zum Ausblasen der Bohrung durch den Zwischenraum der Hohlbohrschnecke (Durchmesser 110 mm). Das geruchslose Gas entzündete sich und brannte mit blauer Flamme. Die Verpuffung wurde durch die Bohrmannschaft gelöscht und der Bohrkopf wieder aufgesetzt. Damit wurde eine weitere Ausgasung durch die Hohlbohrschnecke unterbunden. Das Ereignis wurde umgehend dem Landesbetrieb Bau – Niederlassung Süd, und der zuständigen Bergbehörde mitgeteilt. Eine Analyse der Gase (Anlage 7.3) ergab einen nachweisbaren Methananteil im Gasgemisch. Weitere gefährliche Inhaltsstoffe wurden nicht nachgewiesen. Das Auftreten von Methan wird im Zusammenhang mit dem mikrobiologischen Abbau organischer Schadstoffe im Grundwasser (GW-Schaden im Bereich des Altstandortes „Schwelerei Deuben“) gesehen.

#### 4.1 Vorhandener Verkehrsflächenaufbau

Der vorhandene Straßenoberbau stellt sich wie folgt dar:

##### ZEB 02

40 mm	Splittmastixasphalt 0/11 S
90 mm	Asphaltbinderschicht 0/22
60 mm	Asphaltbeton 0/8
55 mm	Asphalttragschicht 0/22
~24 cm	bitumengebundener Oberbau
14 cm	Großpflaster, Naturstein
2 cm	Pflasterbettung
65 cm	Magerbeton (zerfallen)
10 cm	Frostschuttschicht
115 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Lößlehm (Frostempfindlichkeitsklasse F 3),

ZEB 03

40 mm	Splittmastixasphalt 0/11 S
80 mm	Asphalttragschicht 0/22
<u>20 mm</u>	Asphaltbeton 0/8
14 cm	bitumengebundener Oberbau
13 cm	Großpflaster, Naturstein
12 cm	Pflasterbettung
36 cm	Magerbeton
<u>15 cm</u>	Frostschutzschicht
90 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter umgelagerter Lößlehm (Frostempfindlichkeitsklasse F 3),

KB 04

40 mm	Splittmastixasphalt 0/11
80 mm	Asphaltbinderschicht 0/22
50 mm	Asphaltbeton 0/8
<u>60 mm</u>	Asphalttragschicht 0/32
23 cm	bitumengebundener Oberbau
11 cm	Großpflaster, Naturstein
6 cm	Magerbeton, HGT
<u>50 cm</u>	Verfestigung, Magerbeton
90 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Lößlehm (Frostempfindlichkeitsklasse F 3),

KB 19

45 mm	Splittmastixasphalt 0/11
80 mm	Asphaltbinderschicht 0/22
90 mm	Asphalttragschicht 0/32
30 mm	Asphaltbeton 0/8
<u>65 mm</u>	Asphalttragschicht 0/22
31 cm	bitumengebundener Oberbau
11 cm	Großpflaster, Naturstein
7 cm	Pflasterbettung
<u>46 cm</u>	Verfestigung, Magerbeton
95 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Lößlehm (Frostempfindlichkeitsklasse F 3),

RKS 22

45 mm	Asphaltbeton 0/11
80 mm	Asphaltbinderschicht 0/22
<u>55 mm</u>	Asphalttragschicht 0/22
18 cm	bitumengebundener Oberbau
15 cm	Schottertragschicht
<u>47 cm</u>	Frostschutzschicht
80 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Auffüllung (Frostempfindlichkeitsklasse F 2),

RKS 24

40 mm	Asphaltbeton 0/11
<u>100 mm</u>	Asphalttragschicht 0/32
14 cm	bitumengebundener Oberbau
18 cm	Schottertragschicht
<u>28 cm</u>	Frostschutzschicht
60 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Auffüllung (Frostempfindlichkeitsklasse F 3),

RKS 25

45 mm	Asphaltbeton 0/11
<u>60 mm</u>	Asphalttragschicht 0/16
10 cm	bitumengebundener Oberbau
<u>38 cm</u>	Frostschutzschicht
48 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Lößlehm (Frostempfindlichkeitsklasse F 3),

RKS 26

40 mm	Splittmastixasphalt 0/11
80 mm	Asphaltbinderschicht 0/22
110 mm	Asphalttragschicht 0/32
40 mm	Asphaltbeton 0/8
<u>40 mm</u>	Asphalttragschicht 0/22
31 cm	bitumengebundener Oberbau
10 cm	Großpflaster, Naturstein
5 cm	Pflasterbettung
<u>34 cm</u>	Verfestigung, Magerbeton
80 cm	Straßenkonstruktionsaufbau

darunter Auffüllung (Frostempfindlichkeitsklasse F 3).

## 4.2 Untergrund / Unterbau – Schichtenverlauf und -verbreitung

Die angetroffenen Baugrundsichten (abschnittsweise unterhalb des vorhandenen Straßen-  
aufbaus) wurden prinzipiell in gewachsene Böden und Auffüllung / Aufschüttung unterteilt. Die  
weitere Klassifizierung erfolgte entsprechend der Bodengruppen und der angetroffenen Konsis-  
tenz / Lagerungsdichte.

Die Auffüllung umfasst neben dem Oberbodenanteil (**Baugrundsicht S0-1**) die Baugrund-  
schichten S0-2 bis S0-4. Im Bereich des Bestandes der B91 und von Nebenstraßen wurde sie  
in den Aufschlüssen ZEB 02 und in den vorhandenen Dämmen in RKS 05, RKS 22, RKS 24  
und RKS 26 angetroffen. Im Bereich der Neubaustrecke sind aufgefüllte Bodenschichten zwi-  
schen Bau-km 0+ 900 und 1+ 050 mit Mächtigkeiten bis 3 m und südlich der Bahntrasse mit  
Mächtigkeiten bis 15,5 m nachgewiesen. Die Geländeerhebungen zwischen Bau-km 1+ 050  
und 1+ 150 (Umfeld von KB 11) bestehen unter einer 2-4 m mächtigen Auffüllung wahrschein-  
lich aus gewachsenem Geschiebemergel mindestens steifer Konsistenz (Baugrundsicht 3),  
konnten aber aufgrund der gegebenen beschränkten Bohrfreiheit nicht direkt erkundet werden.  
Die Mächtigkeit des humosen Oberbodens im Bereich der Auffüllungen (Baugrundsicht S0-1)  
schwankt südlich der Bahn zwischen 0,3 und 0,6 m und erreicht lokal bis zu 1 m. Im Bereich  
der geplanten Dammschüttung wurde bis zu 1,5 m mächtiger, aufgefüllter Oberboden festge-  
stellt (KB 10). Die Humusgehalte liegen bei 4 -7 %.

In der Auffüllung dominieren feinkörnige, bindige Böden (**Baugrundsicht S0-4**) weicher  
Konsistenz (S0-4a), daneben wurden diese Schichten auch mit steifer (S0-4b) und halbfester  
bis lokal fester Konsistenz (S0-4c) angetroffen. Zwischen Bau-km 1+ 400 und 1+ 550 bestehen  
die oberen 3 - 4 m der Auffüllung (unterhalb des Oberbodens) aus (schwach) schluffigen San-  
den (**Baugrundsicht S0-2**) in (sehr) lockerer Lagerung (S0-2a). Die Baugrundsicht S0-2  
wurde ebenfalls in RKS 22 nachgewiesen, im dortigen Dammbereich der B91 (Bestand) aller-  
dings in dichter Lagerung (S0-2c). Im Bruchfeldbereich (südlich Bau-km 1+ 400) wird die Bau-  
grundsicht S0-2 von gemischtkörnig-bindigen, aufgefüllten Böden wechselnder Konsistenz  
mit Mächtigkeiten bis > 3 m unterlagert (stark schluffige Sande, **Baugrundsicht S0-3**), die  
dort gesondert ausgehalten wurde. Lokal und unregelmäßig auftretende geringmächtige  
Schichtglieder gemischtkörnig-bindiger Auffüllung wurden den dominierenden feinkörnig-  
bindigen Schichten der Auffüllung (S0-4) zugeschlagen.

Schichtnummer	max. Unterkante [m u. FOK/GOK]	Bezeichnung DIN 4023	Bodenklasse DIN 18196	Boden-Gruppe DIN 18300	Benennung	Konsistenz / Lagerungsdichte
-	1,15	-	-	-	Straßenoberbau	Straßenoberbau
S0-1	1,5	U; t, s', humos	1 (2-4)	-	Auffüllung: humoser, kulturfähiger Kippen- bzw. Oberboden, fein- bis gemischt-körnig, bindig	je nach Bodenfeuchte breiig / weich bis halbfest
S0-2	4,0	fS-mS, u' G, s!, u'	3	[SW], [SU] [GW], [GU]	Auffüllung aus natürlichen, gemischt- bis grobkörnigen, rolligen Böden	0-2a: (sehr) locker 0-2b: mitteldicht 0-2c: (sehr) dicht
S0-3	12,0	fS-mS, u- u!, gs, g'	4 (2)	[SU*]-[ST*]	Auffüllung aus natürlichen, gemischtkörnigen, bindigen Böden	0-3a: weich (breiig) 0-3b: steif 0-3c: halbfest-fest
S0-4	15,5	U, t, s-s!, g'' T, u!, s-s'	4 (2)	[TL]	Auffüllung (feinkörnig-bindig) überwiegend aus Lösssedimenten, Geschiebemergel / -lehm und vereinzelt tertiären Schluffen/Tonen	0-4a: weich (breiig) 0-4b: steif 0-4c: halbfest-fest

**Tabelle 4** Baugrundsichten (Auffüllung)

Gewachsener Untergrund:

Der angetroffene natürliche Oberboden (**Baugrundsicht S1**) mit einer Mächtigkeit von 0,4 – 1,0 m steht überwiegend an der GOK an (S1-1), wurde abschnittsweise aber auch überbaut oder überkippt (S1-2). Überbauter Oberboden wurde abschnittsweise bei ZEB 03 (Bau-km 0+ 300 bis 0+ 500) und südlich Bau-km 1+ 650 (KB 19; RKS 20) angetroffen (B91 Bestand), daneben unter der MIBRAG-Zufahrt (RKS 24). Teilweise weist der überbaute Oberboden Spuren einer Bodenverbesserung auf (Kalkstabilisierung). Im Bruchfeldbereich südlich der Bahn (Bau-km 1+ 200 bis 1+ 500) wurde die abgesunkene Geländeoberfläche mittels überkippten Oberboden bei 12 m unter GOK nachgewiesen. Geomechanisch hat der überkippte und überbaute Oberboden vergleichbare Eigenschaften wie die benachbarten Baugrundsichten.

In den **Baugrundsichten S2 bis S4** wurden feinkörnig-bindige Bodenarten unterschiedlicher Genese zusammengefasst. Die bis zu 8 m mächtigen Lösssedimente sind entsprechend der angetroffenen Konsistenz als feinkörnig bindige Böden den Baugrundsichten S2 bis S4 zuzuordnen, wobei Lösssedimente (halb)fester Konsistenz (Baugrundsicht S4) nur südlich der Bahnlinie überwiegend in Tiefen > 6 -15 m unterhalb der Auffüllung des Bruchfeldes anzutref-

fen sind. Die feinkörnig-bindigen Schichtanteile des Geschiebemergelkomplexes werden als stark sandige, tonige Schluffe entsprechend der Einstufung des Plastizitätsdiagramms als TL ebenfalls überwiegend den Baugrundsichten S2 bis S4 zugeordnet. Die erst in größerer Tiefe auftretenden tertiären Schluffe und Tone in überwiegend halbfester / fester Konsistenz sind als Baugrundsicht S4 anzusprechen, untergeordnet wurden im bindigen Tertiär auch Schichtanteile weicher und steifer Konsistenz festgestellt (Baugrundsichten S2 und S3 in KB 17 in über 50 m Tiefe).

Die **Baugrundsicht S2** (feinkörnig-bindiger Boden weicher, lokal breiiger Konsistenz) ist bestimmend für den oberflächennahen Untergrund im Trassenabschnitt zwischen Bauanfang und Bau-km 1+ 000). Die weichen Bodenschichten reichen bis in eine Tiefe von 7 bis 11 m und werden abschnittsweise von mindestens steifen Bodenschichten in einer Mächtigkeit von 2-3 m überdeckt (Baugrundsichten S1, S3, Straßenoberbau, Auffüllung). In den Aufschlüssen ZEB 03 und KB 04 (Bau-km 0+ 250 bis 0+ 600), sowie in der RKS 25 (Zufahrt Siedlung) wurden die weichen Schichten direkt unterhalb des Straßenoberbaus angetroffen. Die Aufweichung der Bodenschichten des Straßendamms im Abschnitt 0+250 bis 0+600 wird im Zusammenhang mit der Versickerung von Niederschlagswasser im hangseitigen Straßengraben gesehen.

Die **Baugrundsicht S3** (feinkörnig-bindiger Boden steifer Konsistenz) bildet zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 300; zwischen Bau-km 0+ 600 und 0+ 900, südlich des Bruchfeldes (Bau-km 1+ 550 bis Bauende), sowie im Bereich des geplanten Knotens und der MIBRAG-Zufahrt (KB 23 / RKS 24) die den Oberboden bzw. den vorhandenen Straßenoberbau folgende 1-3 m mächtige Baugrundsicht. Nördlich Bau-km 1+ 000 wird sie von der Baugrundsicht S2 unterlagert, südlich des Bruchfeldes bildet sie eine oberflächennahe Wechselfolge mit bindigen Böden mindestens halbfester Konsistenz (Baugrundsicht S4).

Zwischen Bau-km 0+ 800 und 1+ 500 ist die Baugrundsicht S3 in Wechsellagerung mit festeren Schichten verbreitet in Tiefen unterhalb von 9-12 m anzutreffen, überwiegend in Form von Geschiebemergel steifer Konsistenz, unterhalb der Auffüllung des Bruchfeldes auch in Form von Lößsedimenten steifer Konsistenz.

Nördlich von Bau-km 1+ 000 ist die **Baugrundsicht S4** erst in Tiefen ab 8-12 m anzutreffen. Im Bereich des geplanten Brückbauwerkes (zwischen KB 11 und KB 13) tritt halbfester bis fester Geschiebemergel bereits oberflächenah in Erscheinung, allerdings in Begleitung von Schichtgliedern steifer Konsistenz (Baugrundsichten S3 und S6). Im südlich anschließenden, aufgefüllten Bruchfeldbereich sind (halb)feste bindige Schichten erst im Liegenden der Auffül-

lung ab 7 bis 15 m unterhalb der GOK nachgewiesen, wechsellagernd mit der Baugrundsicht S3.

In den **Baugrundsichten S5 bis S7** wurden gemischtkörnig-bindige Bodenarten SU\*/ST\* unterschiedlicher Genese zusammengefasst.

Die **Baugrundsicht S5** wurde lediglich im Bereich des Bauanfangs geringmächtig im Hangenden des Kohleflözes mindestens 7 m unter GOK angetroffen.

Stärker sandige Partien des Geschiebemergelkomplexes (stark schluffiger, toniger Fein- bis Mittelsand) sind bei Vorliegen entsprechender Kornverteilung (Feinkornanteil < 0,063 mm kleiner 40 Masse%) und Konsistenz den **Baugrundsichten 6 und 7** zugeordnet. Im Plastizitätsdiagramm ist ihr Feinkornanteil allerdings immer noch der Bodengruppe TL zuzurechnen. Diese Schichten wurden im Bereich des geplanten Knotenpunktes in Tiefen unterhalb von 7 m in Mächtigkeiten bis 4 m nachgewiesen und verzahnen sich nach Süden mit schwach schluffigen glazigenen Kiesen und Sanden (Baugrundsichten S8 bis S10). Im Bereich des nördlichen Widerlagers (KB 11) tritt ebenfalls eine sandbetonte, 4 m mächtige Geschiebemergelschicht steifer Konsistenz auf. Die der **Baugrundsicht S7** zuzurechnenden stark schluffigen tertiären Fein- und Mittelsande sind südlich Bau-km 1+ 000 in Mächtigkeiten von max. 2-3 m in Tiefen > 12 bis > 30 m verbreitet.

In den **Baugrundsichten S8 bis S10** wurden gemischt- bis grobkörnige, rollige Bodenarten mit lockerer bis (sehr) dichter Lagerungsdichte zusammengefasst.

Sie treten im Bereich des geplanten Knotenpunktes (Bau-km 0+ 700 und 0+ 950) ab 7 bis 11 m unter Gelände in Form locker bis dicht gelagerter glazigener Kiese und Sande auf. Schwach schluffige Fein- und Mittelsande des Tertiärs in überwiegend mitteldichter bis sehr dichter Lagerung (**Baugrundsichten S9 und S10**) wurden südlich Bau-km 1+ 000 in Tiefen > 20 m nachgewiesen, sie sind abschnittsweise locker gelagert (**Baugrundsicht S8**).

Die angetroffene Braunkohle bildet die **Baugrundsichten S11 und S12**. Entsprechend der unterschiedlichen Prägung durch den umgegangenen Altbergbau wurden Flözbereiche mit gestörter Lagerung (**Baugrundsicht 12**: Abbau im Bruchfeldbereich, Störung durch Streckenauffahrungen) von Bereichen in ungestörter Lagerung (**Baugrundsicht 11**) unterschieden. Im Bereich des Bauanfangs ist die Flözoberkante bereits ab 7-8 m unter Gelände zu erwarten, die Überdeckung nimmt nach Süden auf > 20 m bis > 30 m zu. Südlich der Bahn sind zwei getrennte Flöze ausgebildet. Das obere unreine Flöz liegt, unter anderem aufgrund des Absa-

ckens im Bruchfeldbereich, tiefer 25-35 m. Die Oberkante des Hauptflözes liegt verbreitet tiefer als 25-55 m. Die Mächtigkeit schwankt zwischen > 8 m und > 16 m.

Schichtnummer	Oberkante / Unterkante [m u. GOK]	Bezeichnung DIN 4023	Bodenklasse DIN 18196	Boden- gruppe DIN 18300	Benennung	Konsistenz / Lagerungsdichte
S1-1	0 / 0,7	U; t, s'-s, humos	1 (2-4)	OH	Oberboden	je nach Bodenfeuchte breiig / weich bis halbfest
S1-2	überbaut: 2,5 / 3,0	U; t, s'-s, humos	1 (2-4)	OH TL-	Oberboden überbaut bzw. überkippt	1-2a: weich (breiig) 1-2b: steif 1-2c: halbfest-fest
	überkippt 12 / 15					
S2	1 / 11,0	U, t-t!, fs U, t, s!, g''	4 (2)	TL-TM	Lößsedimente; untergeordnet Geschiebemergel /-lehm	weich, lokal breiig
S3	0,4 / > 30,0	U, t-t!, fs U, t, s!, g''	4	TL im Tertiär auch TM, UL-UM-TA, OU	Geschiebemergel /-lehm; untergeordnet Lößsedimente; vereinzelt tertiäre Schluffe	steif
S4	1,0 / 58,0	U, t-t!, fs U, t, s!, g'' U,t T,u	4	TL im Tertiär auch TM, UL-UM-TA, OU	Geschiebemergel /-lehm und Lößsedimente; tertiäre Tone und Schluffe	halbfest - fest
S5	7,0 / 8,0	T-S-G	4 (2)	SU*/ST*	stark toniges Kies-Sand-Gemisch	weich
S6	2,0 / 9,5	fS-mS, u!, t, g''	4	SU*/ST*	sandbetonter Geschiebemergel /-lehm	steif
S7	Quartär: 7,0 / 12,0	fS-mS, u!, t, g'' fS-mS, u!	4	SU*/ST*	sandbetonter Geschiebemergel /-lehm; stark schluffige tertiäre Sande	halbfest – fest
	Tertiär: 12,0 / > 50,0					
S8	Quartär: 8,0 / 12,0	mS-fS,g fS-mS, u	3	SW SU	Fein- und Mittelsand, im Quartär kiesig, im Tertiär schluffig	locker
	Tertiär: 25,0 / 40,0					
S9	Quartär: 7,0 / 16,0	mS-fS,g fG,s! fS-mS, u	3	SW-GW SW-SU	Fein- und Mittelsand, im Quartär kiesig bis Feinkies im Tertiär schluffig	mitteldicht
	Tertiär: 29,0 / 35,0					
S10	Quartär: 12,0 / 14,0	fG,s! fS-mS, u	3	GW-SW SW-SU	im Quartär Feinkies im Tertiär Fein- und Mittelsand, schluffig	dicht bis sehr dicht
	Tertiär: 23,0 / 50,0					
S11	7,0 - 30,0 / >25 - >60	Braunkohle	-	-	Braunkohle, ungestörte Lagerung	halbfest bis fest
S12	7,0 - 30,0 / >25 - >60	Braunkohle	-	-	Braunkohle, gestörte Lagerung	breiig bis fest

**Tabelle 5** Baugrundsichten (Gewachsener Untergrund)

### 4.3 Eigenschaften und Klassifizierung der Straßenbaustoffe und Böden

#### 4.3.1 Straßenbaustoffe

Um eine Aussage über die Frostempfindlichkeit der vorgefundenen Materialien des Straßenoberbaues ableiten zu können, wurden die Korngrößenverteilungen einiger entnommenen Proben ermittelt.

Die Bewertung der Frostempfindlichkeit der entnommenen Materialien erfolgte nach dem Frostkriterium der Unterlage /17/ (Feinanteile < 0,063 mm im eingebauten Zustand  $\leq 7,0$  M.-%). Die Ergebnisse der kombinierten Nass-/Trockensiebanalysen (Anhang 1, Anlage 5.1) sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Bohrpunkt/Probe	Feinanteilen < 0,063 mm [M.-%]	Bewertung
Probe ZEB 02/2 ungebundener Straßenoberbau (Anlage 5.1.1)	5,1	frostsicher
Probe ZEB 03/1 ungebundener Straßenoberbau (Anlage 5.1.2)	2,3	frostsicher

Tabelle 6 Feinanteile < 0,063 mm (Straßenbaustoffe)

Die untersuchten Materialien des ungebundenen Straßenoberbaues der Bundesstraße B 91 sind mit Feinanteilen zwischen 2,3 und 5,1 M.-% als **frostsicher** einzustufen. An den o.g. Messpunkten wurden Gemische aus grobkörnigen Materialien erkundet.

#### 4.3.2 Böden

Die im potentiellen Planumbereich anstehenden bzw. aufgefüllten Böden werden nach Unterlage /6/ nahezu durchgängig in die **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** (sehr frostempfindlich) eingestuft.

Lediglich in kurzen Abschnitten stehen im Planumbereich mit der Baugrundsicht S0-2 Böden der **Frostempfindlichkeitsklassen F 1 bis F2** (nicht bis gering frostempfindlich) an:

- Anschlussbereich Knotenpunkt an Ortslage Naundorf (RKS 22)
- Bau-km 1+ 400 und 1+ 550.

Für beide Abschnitte ist die Möglichkeit eines raschen Wechsels der Materialzusammensetzung gegeben (Auffüllung), da dass die Aufschlussdichte als gering einzuschätzen ist. Die konkrete Verbreitung der nicht bis gering frostempfindlichen Böden im Planumbereich zwischen

den vorhandenen punktuellen Aufschlüssen sollte während der notwendigen geotechnischen Baubegleitung festgestellt werden.

Die Ansprachen und Beschreibungen der erkundeten Böden sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Da an den Schichten im Bereich des potentiellen Planums augenscheinlich keine weiterreichenden organischen Verunreinigungen zu erkennen waren, konnte auf die Ermittlung des Glühverlustes nach DIN 18 128 verzichtet werden.

**S0-1 Auffüllung (humoser, kulturfähiger Kippen- bzw. Oberboden)**

Zusammensetzung	Auffüllung aus Schluff, tonig bis stark tonig, (schwach) sandig, humos	
Scherparameter	je nach Bodenfeuchte breiig / weich bis halbfest	
Bodengruppe nach DIN 18196	[OH], sowie vergleichbar den Baugrundsichten 0-3 und 0-4 [SU*], [ST*], [TL]	
Kornanteil	vergleichbar den Baugrundsichten 0-3 und 0-4 bzw. 2 bis 4	
Konsistenzgrenzen	vergleichbar den Baugrundsichten 0-3 und 0-4 bzw. 2 bis 4	
Trockenrückstand	78,9 - 82,4 Ma.% (2 Analysenwerte)	
Humusgehalt	4,5 - 7,2 Ma.% (2 Analysenwerte)	
<b>Drucksondenwerte</b>	in Oberflächennähe nicht verwertbar	
Bodengruppe nach ATV A 127	G4	
Bodenklasse nach DIN 18 300	1 (2 bis 4)	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V3	
Zusammendrückbarkeit	mäßig bis <b>stark</b>	
Tragfähigkeit	sehr gering	
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>	
Planum	nicht geeignet	
Dammbaustoff	nicht geeignet	
Oberbaumaterial	nicht geeignet	
Filtermaterial	nicht geeignet	
Rohrbettung	nicht geeignet	
Leitungszone	nicht geeignet	
Verfüllzone	nicht geeignet (unter Verkehrsflächen)	
Bemerkungen	- Oberboden ist separat zu gewinnen und zu lagern, Verwendungsfähigkeit in Abhängigkeit von Vorsorgewerten BBodSchG / V	

**Tabelle 7** Klassifizierung Baugrundsicht S0-1

**S0-2 Auffüllung (gemischt- bis grobkörnige, rollige Böden)**

Zusammensetzung	Auffüllung aus Mittel- bis Feinsand, schwach schluffig [RKS22 (B91 Bestand): Kies, stark sandig, schwach schluffig ]		
Kornanteil in Masse% (1 Analyse)	<0,002 mm: 4,5 - 4,8	<0,063 mm: 14,3 - 16,4	<2 mm: 89,0 - 93,8
	U= 6,9 - 17,7, C= 2,9 - 4,6		
Natürliche Rohdichte $\rho_n$	keine Laborwerte		
Wichte cal. $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16,0 - 18,0 (Tabellenwerte)		
Durchlässigkeitsbeiwert	2,0*10 <sup>-5</sup> bis 6,9*10 <sup>-6</sup> m/s (2 Rechenwerte)		
Bodengruppe nach DIN 18196	[SU], [SW], [GW]-[GU] rascher Übergang zu [SU*] möglich		
<b>Drucksondenwerte (S0-2a)</b>			
Spitzendruck $q_c$	3,3 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 0,2 - 7,3 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 5,5 Schichtmetern / 4 Schichten in 2 Sondierungen)		
Scherwinkel $\Phi'$	30,7° (Schwankungsbereich 28,9° - 33,9°) (Gewichtetes Mittel aus 5,5 Schichtmetern / 4 Schichten in 2 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	12,1 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 0,8 – 28,7 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 5,5 Schichtmetern / 4 Schichten in 2 Sondierungen)		
Bodengruppe nach ATV A 127	G1		
Bodenklasse nach DIN 18 300	3		
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F1-F2		
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V1		
Zusammendrückbarkeit	<b>stark</b>		
Tragfähigkeit	sehr gering		
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>		
Planum	geeignet (nach Verdichtung)		
Dammbaustoff	geeignet		
Oberbaumaterial	geeignet		
Filtermaterial	geeignet		
Rohrbettung	geeignet		
Leitungszone	geeignet		
Verfüllzone	geeignet		
Bemerkungen	- Als aufgefüllte Schicht unbeständig verbreitet mit raschem Übergang in stärker schluffige Partien (Auffüllung / Kippe über Bruchfeld)		

**Tabelle 8** Klassifizierung Baugrundsicht S0-2a

In Drucksondierung nur in lockerer Lagerung (0-2a) angetroffen, mitteldichte und dichte Lagerung (Schichten 0-2b / 0-2c) im Damm B91 (Bestand) nachgewiesen

### S0-3 Auffüllung (gemischtkörnige, bindige Böden)

Zusammensetzung	Auffüllung aus Mittel- bis Feinsand, schluffig bis stark schluffig, tonig		
<b>Laborwerte (2 Analysen)</b>			
Wassergehalt ( $w_n$ )	13,4 – 19,2%		
Fließgrenze ( $w_L$ )	21,6 - 23,0 %		
Ausrollgrenze ( $w_P$ )	12,0 - 12,2 %		
Plastizitätszahl ( $I_P$ )	9,4 - 11,0 %		
Konsistenzzahl ( $I_c$ )	0,489 - 0,991		
Glühverlust	-		
Kornanteil in Masse%	<0,002 mm: 11,9 - 13,6	<0,063 mm: 31,5 - 35,5	<2 mm: 91,3 - 94,3
Natürliche Rohdichte $\rho_n$	2,16 g/cm <sup>3</sup>	Trockendichte $\rho_d$	1,90 g/cm <sup>3</sup>
Durchlässigkeitsbeiwert	1,7*10 <sup>-7</sup> bis 9,0*10 <sup>-8</sup> m/s (2 Rechenwerte)		
Bodengruppe nach DIN 18196	[SU*]-[ST*] nach Kornverteilung [TL] nach Plastizitätsdiagramm (Überkornanteil > 0,4 mm zwischen 23 und 25 %)		
Bodengruppe nach ATV A 127	G3 (G4)		
Bodenklasse nach DIN 18 300	4 (2)		
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3		
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V2		
Zusammendrückbarkeit	mäßig bis stark		
Tragfähigkeit	gering bis sehr gering		
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>		
Planum	bedingt geeignet, bei steifer bis fester Konsistenz nutzbar		
Dammbaustoff	bedingt geeignet, bei mindestens steifer Konsistenz gut verdichtbar		
Oberbaumaterial	bedingt geeignet		
Filtermaterial	nicht geeignet		
Rohrbettung	bedingt geeignet		
Leitungszone	bedingt geeignet		
Verfüllzone	bedingt geeignet		
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boden ist stark wasser- und frostempfindlich</li> <li>- Bodenverbessernde Maßnahmen planen</li> <li>- Als aufgefüllte Schicht unbeständig verbreitet mit raschem Wechsel der Konsistenz, rasches Aufweichen durch Versinken der Niederschläge im Bruchfeld</li> </ul>		
<b>S0-3a Auffüllung aus gemischtkörnig-bindigen Böden, Konsistenz weich, lokal breiig</b>			
<b>Drucksondenwerte</b>			
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	40 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 29 - 58 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 1,5 Schichtmetern / 3 Schichten in 2 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	1,8 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 1,5 - 2,4 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 1,5 Schichtmetern / 3 Schichten in 2 Sondierungen)		
<b>S0-3b Auffüllung aus gemischtkörnig-bindigen Böden, Konsistenz steif</b>			
<b>Drucksondenwerte</b>			
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	82 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 81 - 84 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 2,5 Schichtmetern / 2 Schichten in 2 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	3,65 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 3,5 - 3,8 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 2,5 Schichtmetern / 2 Schichten in 2 Sondierungen)		
<b>S0-3c Auffüllung aus gemischtkörnig-bindigen Böden, Konsistenz halbfest bis fest</b>			
<b>Drucksondenwerte</b>			
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	178 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 112 - 244 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 7 Schichtmetern / 7 Schichten in 4 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	12 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 5,0 - 19,7 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 7 Schichtmetern / 7 Schichten in 4 Sondierungen)		

**Tabelle 9** Klassifizierung Baugrundsichten S0-3a bis S0-3c

### S0-4 Auffüllung (feinkörnig, bindige Böden)

Zusammensetzung	Auffüllung überwiegend aus Lössedimenten, Geschiebemergel / -lehm und vereinzelt tertiären Schluffen / Tonen: Schluff, tonig, (stark) sandig, (sehr schwach) kiesig; untergeordnet Ton, stark schluffig, (schwach) sandig		
<b>Laborwerte</b>			
Wassergehalt ( $w_n$ )	8,7 - 19,5 % (8 Laborwerte, Durchschnitt 15,4 %)		
Fließgrenze ( $w_L$ )	24,5 - 30,7 % (7 Laborwerte, Durchschnitt 27,3 %)		
Ausrollgrenze ( $w_P$ )	13,5 - 16,6 % (7 Laborwerte, Durchschnitt 14,8 %)		
Plastizitätszahl ( $I_P$ )	8,2 - 16,6 % (7 Laborwerte, Durchschnitt 12,5 %)		
Konsistenzzahl ( $I_c$ )	0,640 - 1,313 (7 Laborwerte, Durchschnitt 0,878)		
Glühverlust	-		
Kornanteil in Masse% (7 Analysen)	<0,002 mm: 10,5 - 19,6 (Ø 16,4)	<0,063 mm: 44,4 - 74,7 (Ø 65,0)	<2 mm: 88,0 - 97,8 (Ø 94,1)
Natürliche Rohdichte $\rho_n$ (5 Analysen)	1,76 - 2,21 g/cm <sup>3</sup> (Ø 2,08 g/cm <sup>3</sup> )	Trockendichte $\rho_d$	1,62 - 1,90 g/cm <sup>3</sup> (Ø 1,80 g/cm <sup>3</sup> )
Durchlässigkeitsbeiwert	7,1*10 <sup>-8</sup> bis 2,8*10 <sup>-9</sup> m/s (1 Messwert, 6 Rechenwerte)		
Bodengruppe nach DIN 18196	[TL] (8 Laborwerte, davon 2 mit signifikantem Überkornanteil > 0,04 mm von 20 - 24 Ma.%)		
Bodengruppe nach ATV A 127	G4		
Bodenklasse nach DIN 18 300	4 (2)		
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3		
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V3		
Zusammendrückbarkeit	gering bis stark		
Tragfähigkeit	sehr gering bis ausreichen (in Abhängigkeit von Konsistenz)		
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>		
Planum	wenig geeignet, bei steifer bis fester Konsistenz nutzbar		
Dammbaustoff	wenig geeignet, überwiegend schwer verdichtbar, Konsistenz beachten		
Oberbaumaterial	nicht geeignet		
Filtermaterial	nicht geeignet		
Rohrbettung	überwiegend nicht geeignet, bei zunehmend steifer Konsistenz nutzbar		
Leitungszone	bedingt geeignet (bei mindestens steifer Konsistenz)		
Verfüllzone	nicht geeignet (unter Verkehrsflächen)		
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boden ist stark wasser- und frostempfindlich, Bodenverbessernde Maßnahmenplanen; für Rohrbettung d=20 cm Sandbettung erforderlich</li> <li>- Als aufgefüllte Schicht unbeständig verbreitet mit raschem Wechsel der Konsistenz, rasches Aufweichen durch Versinken der Niederschläge im Bruchfeld</li> </ul>		
<b>S0-4a Auffüllung - feinkörnig-bindige Böden, Konsistenz weich, lokal breiig</b>			
Scherparameter (3 Laborversuche)	$\Phi_{Br}$ in °: 21,9 - 29,7 (Ø 25,2)	$c_{Br}$ in kN/m <sup>2</sup> : 7,9 - 11,1 (Ø 9,3)	
<b>Drucksondenwerte</b>			
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	38 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 28 - 58 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 18 Schichtmetern / 10 Schichten in 5 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	1,8 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 1,2 - 2,9 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 18 Schichtmetern / 10 Schichten in 5 Sondierungen)		
<b>S0-4b Auffüllung - feinkörnig-bindige Böden, Konsistenz steif</b>			
Scherparameter	$\Phi_{Br}$ in °: 31,8	$c_{Br}$ in kN/m <sup>2</sup> : 39,9	
<b>Drucksondenwerte</b>			
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	87 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 55 - 119 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 20 Schichtmetern / 17 Schichten in 7 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	4 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 2,7 - 5,4 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 20 Schichtmetern / 17 Schichten in 7 Sondierungen)		
<b>S0-4c Auffüllung - feinkörnig-bindige Böden, Konsistenz halbfest bis fest</b>			
<b>Drucksondenwerte</b>			
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	163 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 116 - 287 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 18 Schichtmetern / 16 Schichten in 7 Sondierungen)		
Mittleres Steifemodul $E_s$	9,9 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 4,7 - 18,4 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 18 Schichtmetern / 16 Schichten in 7 Sondierungen)		

**Tabelle 10** Klassifizierung Baugrundsicht S0-4

### Baugrundsichten S2, S3 und S4

Zusammensetzung	Lößsedimente: Schluff, tonig bis stark tonig, (sehr) schwach feinsandig, kalkhaltig bis kalkfrei Geschiebemergel /-lehm: (Grob-)Schluff, tonig, (stark) fein- und mittelsandig, schwach bis mäßig geschiefbeführend, kalkhaltig bis kalkfrei Tertiäre Schluffe und Tone (Tiefenlage ab ca. 15 - 20 m unter GOK): Schluff, schwach tonig / feinsandig, schwach kohlig bis Ton		
<b>Werte der Laboranalysen (überwiegend Lößsedimente untersucht)</b>			
Wassergehalt ( $w_n$ )	12,1 - 33,3 % (24 Laborwerte, Durchschnitt 20,6 %)		
Fließgrenze ( $w_L$ )	14,7 - 40,0 % (16 Laborwerte, Durchschnitt 27,4 %)		
Ausrollgrenze ( $w_P$ )	12,7 - 20,6 % (16 Laborwerte, Durchschnitt 17,4 %)		
Plastizitätszahl ( $I_P$ )	6,1 - 19,4 % (16 Laborwerte, Durchschnitt 10,7 %)		
Konsistenzzahl ( $I_c$ )	0,316 - 1,000 (16 Laborwerte, Durchschnitt 0,675)		
Glühverlust	3,9 - 4,6 m% (2 Laborwerte, Durchschnitt 4,3 m%)		
Kornanteil in Masse% (11 Analysen, Löß)	<0,002 mm: 13,6 - 20,0 (Ø 17,6)	<0,063 mm: 82,8 - 97,8 (Ø 92,6)	<2 mm: 99,1 - 100,0 (Ø 99,7)
Natürliche Rohdichte $\rho_n$ (13 Analysen)	1,93 - 2,28 g/cm <sup>3</sup> (Ø 2,1 g/cm <sup>3</sup> )	Trockendichte $\rho_d$	1,45 - 2,02 g/cm <sup>3</sup> (Ø 1,75 g/cm <sup>3</sup> )
Durchlässigkeitsbeiwert	1,1*10 <sup>-8</sup> bis 1,4*10 <sup>-9</sup> m/s (2 Messwerte, 10 Rechenwerte aus Kornverteilung)		

**Tabelle 11** Eigenschaften der angetroffenen feinkörnig-bindigen Bodenarten  
(Baugrundsichten S2, S3 und S4)

### S2 Feinkörnig-bindige Bodenarten, Konsistenz weich, lokal breiig

Zusammensetzung	überwiegend Lößsedimente: Schluff, tonig bis stark tonig, (sehr) schwach feinsandig, kalkhaltig bis kalkfrei untergeordnet Geschiebemergel /-lehm: (Grob-)Schluff, tonig, (stark) fein- und mittelsandig, schwach bis mäßig geschiefbeführend, kalkhaltig bis kalkfrei marginal Tertiär (KB17): Schluff, schwach tonig / feinsandig, schwach kohlig	
Scherparameter (7 Laborversuche)	$\Phi_{Br}$ in °: 21,5 - 32,3 (Ø 28,7)	$c_{Br}$ in kN/m <sup>2</sup> : 4,0 - 25,7 (Ø 13,7)
Bodengruppe nach DIN 18196	TL (8 Laborwerte); TM (1 Laborwert) im Tertiär (ohne Laborwerte) auch TM, UL-UM-TA, OT, OU möglich	
<b>Drucksondenwerte</b>		
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	38 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 16 - 47 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 32 Schichtmetern / 14 Schichten in 8 Sondierungen)	
Mittleres Steifemodul $E_s$	1,7 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 0,8 - 2,1 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 32 Schichtmetern / 14 Schichten in 8 Sondierungen)	
Bodengruppe nach ATV A 127	G4	
Bodenklasse nach DIN 18 300	4 (2)	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V3	
Zusammendrückbarkeit	mäßig bis <b>stark</b>	
Tragfähigkeit	sehr gering	
<b>Verwendung als</b>		
Planum	nicht geeignet	
Dammbaustoff	nicht geeignet	
Oberbaumaterial	nicht geeignet	
Filtermaterial	nicht geeignet	
Rohrbettung	nicht geeignet	
Leitungszone	nicht geeignet	
Verfüllzone	nicht geeignet (unter Verkehrsflächen)	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boden ist stark wasser- und frostempfindlich</li> <li>- Bodenverbessernde Maßnahmen planen</li> <li>- Für Rohrbettung d=20 cm Sandbettung erforderlich</li> </ul>	

**Tabelle 12** Klassifizierung Baugrundsicht S2

**S3 Feinkörnige, bindige Bodenarten, Konsistenz steif**  
**Übergang von fein- zu gemischtkörnigen Bodenarten (Geschiebemergel /-lehm)**

Zusammensetzung	überwiegend Geschiebemergel /-lehm: (Grob-)Schluff, tonig, (stark) feinsandig, schwach bis mäßig geschiebeführend, kalkhaltig bis kalkfrei untergeordnet Lösssedimente: Schluff, tonig bis stark tonig, (sehr) schwach feinsandig, kalkhaltig bis kalkfrei Tertiär in Tiefen > 14-20 m: Schluff und Ton, teilweise sandig, (schwach) kohlig	
Scherparameter (3 Laborversuche)	$\Phi_{Br}$ in °: 25,7 – 31,2 (Ø 28,2)	$c_{Br}$ in kN/m <sup>2</sup> : 10,9 - 25,5 (Ø 18,0)
Bodengruppe nach DIN 18196	TL (7 Laborwerte) im Tertiär (ohne Laborwerte) auch TM, UL-UM-TA, OT, OU möglich	
<b>Drucksondenwerte</b>		
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	82 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 58 - 101 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 63 Schichtmetern / 38 Schichten in 16 Sondierungen)	
Mittleres Steifemodul $E_s$	3,8 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 2,5 -5,1 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 63 Schichtmetern / 38 Schichten in 16 Sondierungen)	
Bodengruppe nach ATV A 127	G4	
Bodenklasse nach DIN 18 300	4	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V3 Geschiebemergel /-lehm V2-V3	
Zusammendrückbarkeit	mäßig	
Tragfähigkeit	gering	
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>	
Planum	bedingt bis wenig geeignet, bei zunehmend steifer Konsistenz nutzbar	
Dammbaustoff	Lösssedimente: wenig geeignet (schwer verdichtbar) Geschiebemergel / -lehm: bedingt geeignet, gut verdichtbar	
Oberbaumaterial	nicht geeignet	
Filtermaterial	nicht geeignet	
Rohrbettung	bedingt geeignet, bei zunehmend steifer Konsistenz nutzbar	
Leitungszone	bedingt geeignet	
Verfüllzone	nicht geeignet (unter Verkehrsflächen)	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boden ist stark wasser- und frostempfindlich</li> <li>- Bodenverbessernde Maßnahmen planen</li> <li>- Für Rohrbettung d=20 cm Sandbettung erforderlich</li> </ul>	

**Tabelle 13** Klassifizierung Baugrundsicht S3

**S4 Feinkörnig-bindige Bodenarten, Konsistenz halbfest bis fest  
Übergang von fein- zu gemischtkörnigen Bodenarten (Geschiebemergel /-lehm)**

Zusammensetzung	überwiegend Geschiebemergel /-lehm: (Grob-)Schluff, tonig, (stark) feinsandig, schwach bis mäßig geschiefbeführend, kalkhaltig bis kalkfrei untergeordnet Lößsedimente: Schluff, tonig bis stark tonig, (sehr) schwach feinsandig, kalkhaltig bis kalkfrei in Tiefen > 14 – 20 m Tertiär: Schluff und Ton, teilweise sandig, (schwach) kohlig	
Scherparameter (3 Laborversuche)	$\Phi_{Br}$ in °: 25,2 – 32,7 (Ø 29,5)	$c_{Br}$ in kN/m <sup>2</sup> : 12,0 – 29,3 (Ø 17,8)
Bodengruppe nach DIN 18196	TL (2 Laborwerte), (Zwischenbereich SU/ST 1 Laborwert) im Tertiär (ohne Laborwerte) auch TM, UL-UM-TA, OT, OU möglich	
<b>Drucksondenwerte</b>		
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	170 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 104 - 407 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 115 Schichtmetern / 61 Schichten in 17 Sondierungen)	
Mittleres Steifemodul $E_s$	10,06 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 4,5 -31,5 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 115 Schichtmetern / 61 Schichten in 17 Sondierungen)	
Bodengruppe nach ATV A 127	G4	
Bodenklasse nach DIN 18 300	4	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V3 Geschiebemergel /-lehm V2-V3	
Zusammendrückbarkeit	gering	
Tragfähigkeit	ausreichend	
<b>Verwendung als</b>		
Planum	geeignet (Boden ist frost- und wasserempfindlich)	
Dammaustoff	Geschiebemergel /-lehm: überwiegend geeignet, gut verdichtbar Lößsedimente: wenig geeignet (schwer verdichtbar)	
Oberbaumaterial	nicht geeignet	
Filtermaterial	nicht geeignet	
Rohrbettung	nutzbar	
Leitungszone	nutzbar	
Verfüllzone	nicht geeignet (unter Verkehrsflächen)	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boden ist stark wasser- und frostempfindlich</li> <li>- Bodenverbessernde Maßnahmen planen</li> <li>- Für Rohrbettung d=20 cm Sandbettung erforderlich</li> </ul>	

**Tabelle 14** Klassifizierung Baugrundsicht S4

**Baugrundsichten S5, S6 und S7**

Zusammensetzung	Geschiebemergel /-lehm: Fein- bis Mittelsand, stark schluffig bis stark tonig, schwach bis mäßig geschiebeführend, kalkhaltig bis kalkfrei Tertiäre Fein- und Mittelsande, stark schluffig, vereinzelt tonig, vereinzelt schwach kohlig (Tiefenlage ab ca. 14 m unter GOK)		
<b>Werte der Laboranalysen (ausschließlich Geschiebemergel /-lehm untersucht)</b>			
Wassergehalt ( $w_n$ )	11,5 - 12,6 % (6 Laborwerte, Durchschnitt 12,0 %)		
Fließgrenze ( $w_L$ )	25,6 - 26,9 % (4 Laborwerte, Durchschnitt 26,3 %)		
Ausrollgrenze ( $w_P$ )	13,5 - 14,1 % (4 Laborwerte, Durchschnitt 13,8 %)		
Plastizitätszahl ( $I_P$ )	12,1 - 13,0 % (4 Laborwerte, Durchschnitt 12,5 %)		
Konsistenzzahl ( $I_c$ )	0,851 - 1,016 (4 Laborwerte, Durchschnitt 0,935)		
Glühverlust	-		
Kornanteil in Masse% (4 Analysen)	<0,002 mm: 14,5 – 19,3 (Ø 16,1)	<0,063 mm: 37,6 – 39,7 (Ø 38,8)	<2 mm: 91,1 – 97,4 (Ø 94,6)
Natürliche Rohdichte $\rho_n$ (2 Analysen)	2,23 - 2,25 g/cm <sup>3</sup> (Ø 2,24 g/cm <sup>3</sup> )	Trockendichte $\rho_d$	1,99 - 2,01 g/cm <sup>3</sup> (Ø 2,00 g/cm <sup>3</sup> )
Durchlässigkeitsbeiwert	1,8*10 <sup>-8</sup> bis 6,5*10 <sup>-11</sup> m/s (1 Messwert, 3 Rechenwerte aus Kornverteilung)		

**Tabelle 15** Eigenschaften der angetroffenen gemischtkörnig-bindigen Bodenarten  
(Baugrundsichten S5, S6 und S7)

**S5 gemischtkörnig-bindige Bodenarten, Konsistenz weich**

Zusammensetzung	Nur in Bohrung KB 01/08 bei 7 m Tiefe geringmächtig angetroffen, Gemenge von Ton / Sand / Kies
Keine Drucksondenwerte / keine Labordaten	

**Tabelle 16** Klassifizierung Baugrundsicht S5

**S6 gemischtkörnig-bindige Bodenarten, Konsistenz steif**

Zusammensetzung	Geschiebemergel /-lehm: Fein- bis Mittelsand, stark schluffig bis stark tonig, schwach bis mäßig geschiefbeführend, kalkhaltig bis kalkfrei	
Scherparameter	$\Phi_{Br}$ in °: 23,0 (1 Laborversuch)	$c_{Br}$ in kN/m <sup>2</sup> : 35,1 (1 Laborversuch)
Bodengruppe nach DIN 18196	wie Baugrundschrift S7: SU* / ST* nach Kornverteilung (4 Laborwerte), im Geschiebemergel Feinkornanteil TL nach Plastizitätsdiagramm (4 Laborwerte, Überkornanteil > 0,4 mm zwischen 15 und 22 %)	
<b>Drucksondenwerte</b>		
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	85 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 69 - 100 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 7,5 Schichtmetern / 4 Schichten in 3 Sondierungen)	
Mittleres Steifemodul $E_s$	3,7 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 3,2 -4,5 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 7,5 Schichtmetern / 4 Schichten in 3 Sondierungen)	
Bodengruppe nach ATV A 127	G3	
Bodenklasse nach DIN 18 300	4	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V2	
Zusammendrückbarkeit	mäßig	
Tragfähigkeit	gering	
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>	
Planum	geeignet, bei zunehmend steifer Konsistenz nutzbar	
Dammbaustoff	geeignet, gut verdichtbar	
Oberbaumaterial	nicht geeignet	
Filtermaterial	nicht geeignet	
Rohrbettung	bei zunehmend steifer Konsistenz nutzbar	
Leitungszone	geeignet	
Verfüllzone	bedingt geeignet (unter Verkehrsflächen)	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boden ist stark wasser- und frostempfindlich</li> <li>- Bodenverbessernde Maßnahmen planen</li> <li>- Für Rohrbettung d=20 cm Sandbettung erforderlich</li> </ul>	

**Tabelle 17** Klassifizierung Baugrundschrift S6

**S7 gemischtkörnig-bindige Bodenarten, Konsistenz halbfest und fest**

Zusammensetzung	Geschiebemergel /-lehm: Fein- bis Mittelsand, stark schluffig bis stark tonig, schwach bis mäßig geschiefbeführend, kalkhaltig bis kalkfrei Tertiäre Fein- und Mittelsande, stark schluffig, vereinzelt tonig, vereinzelt schwach kohlig (Tiefenlage ab ca. 14 m unter GOK)	
<b>Werte der Laboranalysen (ausschließlich Geschiebemergel /-lehm untersucht)</b>		
Scherparameter	keine Versuche durchgeführt, ansetzbar wie Baugrundsicht S6	
Bodengruppe nach DIN 18196	wie Baugrundsicht S6: SU* / ST* nach Kornverteilung (4 Laborwerte), im Geschiebemergel Feinkornanteil TL nach Plastizitätsdiagramm (4 Laborwerte, Überkornanteil > 0,4 mm zwischen 15 und 22 %)	
<b>Drucksondenwerte</b>		
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	267 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 135 - 665 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 21 Schichtmetern / 19 Schichten in 9 Sondierungen)	
Mittleres Steifemodul $E_s$	18,2 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 6,7 - 45,2 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 21 Schichtmetern / 19 Schichten in 9 Sondierungen)	
Bodengruppe nach ATV A 127	G3	
Bodenklasse nach DIN 18 300	4	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F3	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V2	
Zusammendrückbarkeit	gering	
Tragfähigkeit	ausreichend bis hoch	
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>	
Planum	Nicht relevant, da in Tiefen > 7 m	
Dammbaustoff		
Oberbaumaterial		
Filtermaterial		
Rohrbettung		
Leitungszone		
Verfüllzone		
Bemerkungen		

**Tabelle 18** Klassifizierung Baugrundsicht S7

### Baugrundsichten S8, S9 und S10

Zusammensetzung	Sande und Kiese, lokal schwach schluffig bis schluffig (Tiefenlage lokal bei 7 - 16 m unter GOK, meist jedoch tiefer als 20 m unter GOK )	
<b>Keine Laboranalysen wegen Tiefenlage</b>		
Kornanteil in Masse%	<0,063 mm: < 5 bis < 15	
Bodengruppe nach ATV A 127	G1 (G2)	
Bodenklasse nach DIN 18 300	3	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94/97	F1 (F2)	
Verdichtbarkeit nach ZTV A-StB 97/06	V1	
<b>Verwendung als</b>	<b>Bewertung</b>	
Planum	Nicht relevant, da in Tiefen > 7 m	
Dammbaustoff		
Oberbaumaterial		
Filtermaterial		
Rohrbettung		
Leitungszone		
Verfüllzone		

**Tabelle 19** Eigenschaften der Baugrundsichten S8, S9 und S10

### S8 gemischt- und grobkörnige, rollige Bodenarten, Lagerungsdichte locker

Zusammensetzung	Fein- und Mittelsand, lokal schluffig, lokal kiesig
Bodengruppe nach DIN 18196	SW, SU (mit geringmächtigen Einschaltungen von SU*)
<b>Drucksondenwerte</b>	
Spitzendruck $q_c$	4,7 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 1,4 - 6,9 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 8 Schichtmetern / 5 Schichten in 4 Sondierungen)
Scherwinkel $\Phi'$	28,9° (Schwankungsbereich 27,5° - 34,0°) (Gewichtetes Mittel aus 8 Schichtmetern / 5 Schichten in 4 Sondierungen)
Mittleres Steifemodul $E_s$	15,1 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 2,9 - 25,7 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 8 Schichtmetern / 5 Schichten in 4 Sondierungen)
Zusammendrückbarkeit	mäßig bis stark
Tragfähigkeit	gering

**Tabelle 20** Klassifizierung Baugrundsicht S8

### S9 gemischt- und grobkörnige, rollige Bodenarten, Lagerungsdichte mitteldicht

Zusammensetzung	Fein- und Mittelsand, lokal schluffig, lokal kiesig bis Feinkies, stark sandig
Bodengruppe nach DIN 18196	SU, SW, GW
<b>Drucksondenwerte</b>	
Spitzendruck $q_c$	11,9 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 7,8 - 13,4 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 12 Schichtmetern / 7 Schichten in 5 Sondierungen)
Scherwinkel $\Phi'$	34,8° (Schwankungsbereich 30,0° - 37,8°) (Gewichtetes Mittel aus 12 Schichtmetern / 7 Schichten in 5 Sondierungen)
Mittleres Steifemodul $E_s$	42,2 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 28,8 - 46,4 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 12 Schichtmetern / 7 Schichten in 5 Sondierungen)
Zusammendrückbarkeit	gering
Tragfähigkeit	ausreichend bis hoch

**Tabelle 21** Klassifizierung Baugrundsicht S9

### S10 gemischt- und grobkörnige, rollige Bodenarten, dicht bis sehr dicht gelagert

Zusammensetzung	überwiegend Fein- und Mittelsand, schwach schluffig, lokal Feinkies, stark sandig
Bodengruppe nach DIN 18196	SU, GW (SW)
<b>Drucksondenwerte</b>	
Spitzendruck $q_c$	21 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 12,9 - 37,9 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 8 Schichtmetern / 7 Schichten in 5 Sondierungen)
Scherwinkel $\Phi'$	36,3° (Schwankungsbereich 30,0° - 42,3°) (Gewichtetes Mittel aus 8 Schichtmetern / 7 Schichten in 5 Sondierungen)
Mittleres Steifemodul $E_s$	60,8 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 44,0 - 85,4 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 8 Schichtmetern / 7 Schichten in 5 Sondierungen)
Zusammendrückbarkeit	sehr gering
Tragfähigkeit	hoch

**Tabelle 22** Klassifizierung Baugrundschieht S10

### S11/S12 Braunkohle in gestörter und ungestörter Lagerung

Zusammensetzung	Braunkohle, strukturlos, krümelig, stückig, überwiegend tiefer als 20 m unter GOK, im Bereich Bauanfang ab 7 bis 10 m unter GOK
Bodengruppe nach DIN 18196	-
<b>Drucksondenwerte</b>	
Spitzendruck $q_c$	5,6 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 2,2 - 15,5 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 22 Schichtmetern / 11 Schichten in 5 Sondierungen)
Anfangsscherfestigkeit $c_u$	255 kN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 84 - 753 kN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 22 Schichtmetern / 11 Schichten in 5 Sondierungen)
Mittleres Steifemodul $E_s$	16,4 MN/m <sup>2</sup> (Schwankungsbereich 4,4 - 46,8 MN/m <sup>2</sup> ) (Gewichtetes Mittel aus 22 Schichtmetern / 11 Schichten in 5 Sondierungen)
Zusammendrückbarkeit	gering
Tragfähigkeit	ausreichend bis hoch

**Tabelle 23** Klassifizierung Baugrundschiehten S11/S12

#### 4.4 Erdstatische Kennwerte

Aus den Untersuchungen der maßgebenden Bodenschichten werden die nachfolgenden charakteristischen Bodenkenngrößen und erdstatischen Kennwerte abgeleitet:

Schichtnummer	Bodengruppe DIN 18 300	Lagerung Konsistenz	cal $\gamma/\gamma'$ KN/m <sup>3</sup>	cal $\phi'$ /°/	cal $c'/c_u$ kN/m <sup>2</sup>	cal $E_{s2}$ MN/m
S0-2a	[SW], [SU] [GW], [GU]	(sehr) locker	19/10	25	0	12
S0-2b		mitteldicht	nicht angetroffen			
S0-2c		dicht				
S0-3a	[SU*]-[ST*]	weich, lokal breiig	20/10	22,5	5/25	
S0-3b		steif	22,4/12	23	32/82	
S0-3c		halbfest fest	22,4/12	23	32/180	
S0-4a	[TL]	weich, lokal breiig	20,8/11	25,2	9,3/38	1,8
S0-4b		steif	20,8/11	31,8	39,9/87	4
S0-4c		halbfest fest	20,8/11	31,8	39,9/163	9,9
S2	TL-TM	weich, lokal breiig	21/11	28,7	13,7/38	1,7
S3	TL im Tertiär auch TM, UL-UM-TA, OU	steif	20,8/11	28,2	18/82	3,8
S4	TL im Tertiär auch TM, UL-UM-TA, OU	halbfest fest	21,6/11,6	29,5	17,8/170	10,0
S5	SU*/ST*	weich	20/10	22,5	5/10	1
S6	SU*/ST*	steif	22,4/12	23	35,1/85	3,7
S7	SU*/ST*	halbfest fest	22,4/12	23	35,1/267	18,2
S8	SW SU	locker	19/10	28,9	0	15,1
S9	SW-GW SW-SU	mitteldicht	20/11	34,8	0	42,2
S10	GW-SW SW-SU	dicht sehr dicht	21/12	36,3	0	60,8
S11 und S12	Braunkohle	steif bis fest	19/9	0	-/255*	16,4

Tabelle 24 Zusammenstellung der erdstatischen Kennwerte

## 4.5 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse

Grundlage der Auswertung sind die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten 2008 und Auskünfte seitens der LMBV (Schwerpunkt Altstandort „Schwelerei Deuben“, Unterlage /42/). Auskünfte Dritter (LHW Sachsen-Anhalt, LAGB, Burgenlandkreis in /33/ bis /38/) ergaben keine verwertbaren Ergebnisse zur Hydrologie oder zum Grundwasserstand im Arbeitsgebiet. Die Angaben des Hydrogeologischen Kartenwerks (/46/) sind aufgrund der starken anthropogenen Überprägung im Bereich der ehem. Schwelerei Deuben für die Ableitung von Grundwasserständen nicht geeignet.

Im Zuge der Erkundungsarbeiten 2008 wurde im nördlichen und mittleren Trassenabschnitt (Bauanfang bis Bau-km 1+ 000) Schichtenwasser in einer Tiefe von 5-7 m unter Gelände angetroffen (157-172 mNHN). Der Wasserspiegel stellte sich damit innerhalb der Baugrundsicht 2 ein (schwer entwässerbare Lösssedimente und Geschiebemergel mit unregelmäßigen Sandlagen). Im Bereich der Aufschlüsse KB 04 und RKS 05 ist das Schichtenwasser an Sandschichten innerhalb des Geschiebemergelkomplexes gebunden (GWL14). Im Abschnitt des Bauanfangs besteht ein enger Zusammenhang mit dem Grundwasserstand im benachbarten, verfüllten Restloch Tackau – für den Kippengrundwasserleiter liegt für 2007 ein Wasserstand von 158,8 mNHN vor (GWM 216671, Auskunft LMBV in /42/). Im benachbarten Aufschluss KB 01 stellte sich der Schichtenwasserspiegel bei 157,2 mNHN ein (September 2008).

Prinzipiell ist anzumerken, dass die Böden der Baugrundsicht 2 auch oberhalb des jeweils angetroffenen Schichtenwasserspiegels feucht und stellenweise sehr feucht, sowie durchgehend aufgeweicht sind (weiche Konsistenz). Die Aufschlüsse hatten durchgehend eine relativ kurze Standzeit, was die Aussagekraft der Beobachtungen zum Schichtenwasseranschnitt innerhalb der bindigen Schichten relativiert, vor allem in Anbetracht der schweren Entwässerbarkeit der Lösssedimente. Es ist davon auszugehen, dass an die Böden der Baugrundsicht 2 in ihrem gesamten Teufenbereich Schichtenwasser gebunden ist. Dies entspricht auch den Langzeitbeobachtungen der Wasserspiegelschwankungen in den Lösssedimenten / Geschiebemergel am Standort der Schwelerei Deuben (in /42/) unmittelbar westlich der Trasse zwischen KB 10 und KB 11 mit Wasserständen zwischen 169 und 178 mNHN (bis max. 2 m unter Gelände). Innerhalb des Geschiebemergels konzentriert sich das Schichtenwasser auf die unregelmäßig eingeschalteten, teilweise geringmächtigen Sand- und Kieslagen. Bei Anschnitt der Baugrundsicht 2 wird das Schichtenwasser aus den bindigen Schichtgliedern allmählich, aus eingeschalteten Sandlagen relativ rasch austreten, auch oberhalb der während der Erkundung punktuell nachgewiesenen Schichtenwasseranschnitte.

In RKS 07 wurde in den Sandschichten des Geschiebemergelkomplexes (GWL14) gespanntes Grundwasser angetroffen (Wasseranstieg auf 171,6 mNHN; 5,7 m unter GOK).

Im Trassenabschnitt zwischen den Aufschlüssen KB 10 und KB 13 werden die natürlichen Grundwasserverhältnisse durch die Sanierung des Grundwasserschadens des Altstandortes „Schwelerei Deuben“ stark beeinflusst. Die Sanierung umfasst dabei sowohl die Gesamtheit der Grundwasser führenden Schichten im Hangenden des Thüringer Hauptflözes (GWL 14, 18, 27, 33), als auch dessen Liegendgrundwasserleiter (GWL 52). Aufgrund der Sanierungsmaßnahmen kommt es durch den Wechsel von Förder- und Infiltrationsbetrieb sowohl zu Absenkungen als auch zu Aufhöhungen des Grundwasserstandes. Angaben zu den gegenwärtigen Grundwasserverhältnissen wurden seitens der LMBV zur Verfügung gestellt (Anlagen 4.6 & 7.1.1). Über die perspektivische Einstellung von Endwasserständen in den einzelnen GWL nach Abschluss der Sanierung liegen keine Angaben vor.

Der hangende GWL 14 ist südlich der KB 10 in Form von Sandeinschaltungen im Geschiebemergel mit stark wechselnder Tiefenlage mit überwiegend geringer Mächtigkeit nur lokal verbreitet. Aus geotechnischer Sicht handelt es sich beim Geschiebemergelkomplex in seiner Gesamtheit um einen Grundwassergeringleiter mit auftretendem Schichtenwasser. Die erfassten Wasserstände (in /42/) liegen für 2008 zwischen 170,8 und 173,7 mNHN und entsprechen dem Schichtenwasseranschnitt in KB 10 (172,2 mNHN).

Hauptgegenstand der Sanierung ist der GWL 18/27: er umfasst Schichten an der Basis des Geschiebemergels (Quartär, GWL18) und im Hangenden der tertiären Schichtenfolge (GWL 27) und entspricht in der Schnittdarstellung (Anlage 8) in diesem Trassenabschnitt der Baugrundsicht S7 in der Tiefenlage um 170 mNHN. Die von der LMBV zur Verfügung gestellten Unterlagen (/42/) weisen für 2008 in diesem Bereich einen Grundwasserstand (GWL 18/27) zwischen 167,5 und 169,8 mNHN aus, in KB 11 wurde bei 168,9 mNHN Wasser angetroffen. Die Wasser führende Schicht taucht nach Osten und Norden rasch ab, so dass auch im gegenwärtigen Zustand gespannte Grundwasserverhältnisse im GWL 18/27 überwiegen.

Der darunter liegende GWL 33 (Baugrundsichten S7, S9 und S10 in KB 11 und KB 13, Tiefenlage 157-164 mNHN) ist ebenfalls Gegenstand der Sanierung und weist überwiegend gespannte Grundwasserverhältnisse auf (Grundwasserspiegel <165 mNHN).

Der Grundwasserabstrom der GWL 18/27 und GWL 33 ist nach Osten / Nordosten gerichtet.

Aufschluss	Lage	Wasserstand [m unter GOK]	Wasserstand [mNHN]	Baugrundschrift GWL	Bemerkung
KB 01	0- 013	4,75	157,2	S2	Schichtenwasser (Löß)
KB 04	0+ 569	5,3	166,6	S2 GWL 14	Schichtenwasser (Geschiebemergel)
RKS 05	0+ 657	7,3	165,6	S2 GWL 14	Schichtenwasser (Geschiebemergel)
KB 06	0+ 745	4,8	170,4	S2	Schichtenwasser (Löß)
RKS 07	0+ 841	5,7 (Anschnitt 6,85, OK GWL 6,8)	171,6 (OK GWL 170,5)	S9 GWL 14	Grundwasser gespannt
KB 08	0+ 934	(14,6)	(162,7)	S9 GWL 14	GW-Stand nach Beendigung der Bohrung, Rohrtour steht im Stauer
KB 09	75 m westlich 0+ 962	8,2	173,09	S9 GWL 14	GW-Stand nach Beendigung der Bohrung
		OK GWL 23,6	OK GWL 157,7	S9 GWL 18/27	GWL nur teilweise wassererfüllt: Ausgasung Methan
KB 10	1+ 009	6,5	172,2	S2 (GWL 14)	Schichtenwasser (Löß / Geschiebemergel)
KB 11	1+ 095	12,6	168,9	S7 GWL 18/27	Grundwasser (gespannt)
KB 17	1+ 519	18,0	174,6		GW-Stand nach Beendigung der Bohrung
KB 23	60 m westlich 0+ 800	8,5 (Wasseranschnitt)	170,7 (Wasseranschnitt)	S2 GWL 14	Schichtenwasser (Geschiebemergel), bei Bohrende kein Wasser

Tabelle 25 Angetroffenes Grund- und Schichtenwasser während der Erkundung 2008

Die Angaben zu den Grundwassermessstellen und Brunnen mit Bezug zur Schwelerei Deuben (Anlage 4.6) ergänzen die während der Baugrunderkundung 2008 gewonnenen Erkenntnisse zu den Grundwasserverhältnissen.

Südlich der Bahnlinie sind im Bruchfeldbereich bis in größere Tiefen (25 m unter GOK) keine durchgehenden Grundwasserleiter ausgebildet. Im Bereich der bis zu 15 m mächtigen Auffüllung ist lokal mit Schichtenwasser zu rechnen. In KB 17 stand das Wasser nach Beendigung der Bohrung bei 174,6 mNHN (> 15 m unter Gelände). Es ist zu erwarten, dass durch die Ver-

kipfung eine Vielzahl aufeinanderfolgender Schüttkörper mit steil geneigten Begrenzungen entstanden ist. Entlang dieser Strukturen erfolgt bei sandigem Material ein rasches Versinken der Niederschläge durch die Auffüllung in das darunter liegende Bruchfeld. Damit ist auch die Möglichkeit einer tief reichenden Aufweichung der Auffüllung gegeben. So wurden durch die Drucksondierungen (Anfang Oktober 2008) in der Auffüllung noch relativ günstige Baugrundverhältnisse angetroffen, während der Bohrarbeiten (Ende Oktober / Anfang November 2008 nach Niederschlägen mit 150% des durchschnittlichen Monatsmittels) dagegen vielfach stark aufgeweichte Schichten. Die stauende Wirkung der bindigen Schichten unterhalb der Auffüllung ist durch das zu Bruch gehen stark reduziert.

Stationsbezogen können die folgenden Angaben zu den Schwankungsverhältnissen des Grund- und Schichtenwassers gemacht werden:

Trassenabschnitt	Beschreibung	Schwankungsbereich Grund- / Schichtenwasser Bemerkung
Bauanfang bis 1+ 000	durchgehende Lößsedimentbedeckung mit Schichtenwasser im Schnitt 6-8 m mächtig (minimale Mächtigkeit 2 m)	Schichtenwasser angetroffen bei 5-7 m unter GOK, Schichtenwasser möglich in gesamter Baugrundschiicht S2, zwischen 0+250 und 0+600 Schichtenwasser ab 1 m unter FOK möglich, Vernässung planumsnaher Schichten (Auffüllung, S2) durch Staunässe in Regen- / Tauperioden
	südlich 0+500: Grundwassergeringleiter unter Lößlehmbedeckung	Schichtenwasser angetroffen ab 5 m unter GOK
	0+ 650 bis 1+ 000: lokaler GWL 14 tiefer 7 m unter GOK	gespanntes Grundwasser
1+ 000 bis 1+ 200 (Sanierungsbereich Schwelerei Deuben)	oberflächennaher Grundwassergeringleiter mit Schichtenwasser, geringmächtige Sandeinlagerungen mit Schichtenwasser	<del>Schichtenwasser angetroffen bei 6,5 m unter GOK (172,2 mNHN) maximaler lokaler gemessener GW-Stand liegt bei 177,7 mNHN (HGW)</del>
	lokaler GWL 18 / 27 tiefer 10 m unter GOK, GWL-Oberkante tiefer 174 mNHN	gespanntes Grundwasser, maximaler lokaler gemessener GW-Stand liegt bei 178,2 mNHN (HGW)
1+ 200 bis Bauende (Auffüllung Bruchfeld von 1+ 200 bis 1+ 550)	<del>tief liegender GWL tiefer 25 m unter GOK starke Materialwechsel in der Auffüllung bis 15 m unter GOK (überwiegend bindig)</del>	Vernässung planumsnaher Schichten (Auffüllung) durch Staunässe in Regen- / Tauperioden, tiefgründige Aufweichung der Auffüllung

**Tabelle 26** Schwankungsverhalten des Grund- und Schichtenwassers

Im Bereich der Entwässerungsgräben und Vorfluter sind temporäre Überstauungen des Geländes nicht auszuschließen.

## 5 Baugrundbeurteilung

### 5.1 Bewertung der Restsubstanz der vorhandenen Verkehrsflächen nach RStO

#### 5.1.1 Erneuerungsklassen

Bei der Bewertung der Substanz der vorhandenen Befestigung wurden folgende Zustandsmerkmale festgestellt:

Die Fahrbahnoberfläche besitzt geringe Unebenheiten in Längs- und Querrichtung. Einsenkungen in den Rollspuren bzw. in den Randbereichen sind nicht ausgeprägt.

Die Fahrbahnbefestigung weist mehrfach Flickstellen und Nacharbeiten infolge von Instandsetzungen bzw. Kanal- und Leitungsverlegungen auf. Die Asphaltdecke der Straße ist mehrfach nachgebessert worden. Die Textur ist überwiegend geschlossen. In den Bereichen der äußeren Rollspuren sind z.T. starke Rissbildungen zu erkennen. Diese sind hauptsächlich in den Dammbereichen der Fahrbahn sichtbar. Netzrisse an der Oberfläche sind nicht vollflächig ausgebildet.

In Anlehnung an die Unterlage /10/ ist der Streckenabschnitt auf Grund der Zustandsmerkmale der **Erneuerungsklasse E 1** zuzuordnen.

Zur Beurteilung der vorhandenen Resttragfähigkeit der vorhandenen Asphaltbefestigung wurden Messungen der Einsenkungen mit dem Benkelman-Balken durchgeführt.

#### 5.1.2 Wiederverwendbarkeit der vorhandenen gebundenen und ungebundenen Tragschichten

##### 5.1.2.1 Bitumenhaltige Straßenausbaustoffe

Alle bitumengebundenen Schichten der an den Messpunkten (Tabelle 27) entnommenen Bohrkern wurden im Labor mit Hilfe des Lackansprühverfahrens und organoleptischer Prüfung hinsichtlich möglicher Teerbestandteile im Bindemittel gemäß FGSV-Arbeitspapier 27/2 „Prüfung von Straßenausbaumaterial auf carbostämmige Bindemittel - qualitative Bestimmungsverfahren“ untersucht.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

Messpunkt	Teufe [m u. FOK]	Material	Ergebnis
ZEB 02	0,00 – 0,24	Asphaltbohrkern	negativ
ZEB 03	0,00 – 0,14	Asphaltbohrkern	negativ
KB 04	0,00 – 0,23	Asphaltbohrkern	negativ
KB 19	0,00 – 0,31	Asphaltbohrkern	negativ
RKS 22	0,00 – 0,18	Asphaltbohrkern	negativ
RKS 24	0,00 – 0,14	Asphaltbohrkern	negativ
RKS 25	0,00 – 0,10	Asphaltbohrkern	negativ
RKS 26	0,00 – 0,31	Asphaltbohrkern	negativ

**Tabelle 27** Ergebnisse der Untersuchungen mittels Lackansprühverfahren

Der Asphalt ist als teerfrei einzustufen (keine gelbliche Fluoreszenz, kein typischer Geruch für teer-/pechhaltiges Material beim Erwärmen). Die negativ eingeschätzten Asphaltproben werden gemäß den RuVA-StB 01 der **Verwertungsklasse A** zugeordnet.

Zur Charakterisierung der einzelnen Asphaltsschichten wurden auf Grund visueller Vergleichbarkeit einzelne Schichten ausgewählt und diese hinsichtlich der Baustoffzusammensetzung untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Anhang 1, Anlage 9 zusammengestellt.

### **Deckschicht**

Die 4,0 cm dicke Deckschicht liegt im gesamten Untersuchungsabschnitt in der Mischgutart SMA 0/11 (S) vor. Der Bindemittelgehalt wurde mit 6,5 M.-% ermittelt.

Der Erweichungspunkte Ring und Kugel des zurückgewonnenen Bindemittels wurde mit einem Wert von 58,4° (PmB 45) festgestellt.

### **Binderschicht**

Der Asphaltbinder wurde in einer Schichtstärke von 8,0 bis 9,0 cm festgestellt.

Die Extraktionsergebnisse bzw. Korngrößenverteilungen weisen den Asphaltbinder als einen ABi 0/22 mit einem Bindemittelgehalt von 4,6 M.-% aus.

Das zurückgewonnene Bindemittel liegt an Hand des Erweichungspunktes Ring und Kugel in der Güte eines Bitumens < 20/30 bzw. PmB 45 (67,0 °C).

### **3. Konstruktionsschicht („Alte Asphaltdecke“)**

Unter der Asphaltdecke wurde an beiden Messpunkten ein 2,0 bis 6,0 cm dicker Asphaltbeton erkundet. Der Asphaltbeton liegt in der Mischgutart AB 0/8 vor. Der Bindemittelgehalt wurde mit 6,1 M.-% ermittelt.

Die Erweichungspunkt Ring und Kugel des zurückgewonnenen Bindemittels weist für den AB ein Straßenbaubitumen der Güte 30/45 (58,6 °C) aus.

#### **5.1.2.2 Ungebundene Straßenausbaustoffe**

An den aus dem ungebundenen Straßenoberbau entnommenen Proben wurden Vorort und im Labor organoleptische Prüfungen durchgeführt.

Die in der Tabelle 28 aufgeführten Proben wurden im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung auf Umweltverträglichkeit nach der RC-Richtlinie Sachsen-Anhalt „Richtlinie zur Verwertung mineralischer Abfälle im Straßenbau“, Fassung 2005, Änderung 2008 untersucht.

Die in der Tabelle 29 bis

Tabelle 31 aufgeführten Proben wurden entsprechend den Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“, Stand: November 2003, Tabellen II.1.4-1, II.1.4-5 und -6 untersucht.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen dokumentiert.

Bezeichnung der Probe		ZEB 02 ungeb. Tragschicht 1,05 – 1,15 m	ZEB 03 ungeb. Tragschicht 0,75 - 0,90 m	Zuordnungswerte RC-Richtlinie Sachsen-Anhalt Recyclingbaustoffe		
				Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Bestandteile		Kies-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Schluff- Gemisch			
Farbe		gelbbraun	braun			
<b>Feststoff</b>						
Quecksilber	[mg/kg]	0,13	0,11			
Kohlenwasser- stoffe	[mg/kg]	44	49	300 <sup>1)</sup>	500 <sup>1)</sup>	1000 <sup>1)</sup>
EOX	[mg/kg]	< 1	< 1	3	5	10
PCB	[mg/kg]	< 0,005.	< 0,005	0,1	0,5	1
PAK nach EPA	[mg/kg]	0,59	n.n.	5 (20) <sup>2)</sup>	15 (50) <sup>2)</sup>	75 (100) <sup>2)</sup>
<b>Eluat</b>				<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		8,9	9,4	7,0 - 12,5		
elektr. Leitfähig- keit	[µS/cm]	90	91	1500	2500	3000
Chlorid	[mg/l]	11	2,7	20	40	300
Sulfat	[mg/l]	13	3,3	150	300	600
Arsen	[µg/l]	3,4	<b>12</b>	10	40	50
Blei	[µg/l]	31	29	40	100	100
Cadmium	[µg/l]	1,9	2,0	2	5	5
Chrom (gesamt)	[µg/l]	<b>31</b>	20	30	75	100
Kupfer	[µg/l]	< 10	< 10	50	150	200
Nickel	[µg/l]	21	15	50	100	100
Quecksilber	[µg/l]	0,19	0,20	0,2	1	2
Zink	[µg/l]	14	74	100	300	400
Phenolindex	[µg/l]	< 10	< 10	10	50	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 1.2</b>	<b>Z 1.2</b>	uneinge- schränkt	einge- schränkt offen	einge- schränkt m. techn. Siche- rungs- maßnah- men

<sup>1)</sup> Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen keine Ausschlusskriterien dar.

<sup>2)</sup> Im Einzelfall kann bis zu den in Klammern genannten Werten abgewichen werden.

n. n. - nicht nachweisbar

**Tabelle 28** Ergebnisse der Untersuchungen gemäß RC-Richtlinie Sachsen-Anhalt

Bezeichnung der Probe		KB 04 Beton-/Tragschichten 0,23-0,90 m	KB 19 Beton-/Tragschichten 0,30-0,95	RKS 22 ungeb. Tragschichten 0,18-0,80 m	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.4-1, II.1.4-5 und -6 Mindestuntersuchungsprogramm für Bauschutt vor Aufbereitung bei unspezifischem Verdacht			
Bestandteile		Boden + min. Bestandteile	Boden + min. Bestandteile	Boden + min. Bestandteile				
Geruch		erdig	erdig	erdig				
<b>Feststoff</b>					<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
Kohlenwasserstoffe	[mg/kg]	< 50	< 50	< 50	100	300 <sup>1</sup>	500 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>
EOX	[mg/kg]	< 1	< 1	< 1	1	3	5	10
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	5 (20) <sup>3</sup>	15 (50) <sup>3</sup>	75 (100) <sup>3</sup>
Benzo(a)-pyren	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1				
PCB	[mg/kg]	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,1	0,5	1
Arsen <sup>2</sup>	[mg/kg]	2	2	4	20	30	50	150
Blei <sup>2</sup>	[mg/kg]	5	< 5	< 5	100	200	300	1000
Cadmium <sup>2</sup>	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,6	1	3	10
Chrom ges. <sup>2</sup>	[mg/kg]	7	6	<b>140</b>	50	100	200	600
Kupfer <sup>2</sup>	[mg/kg]	<b>56</b>	7	<b>55</b>	40	100	200	600
Nickel <sup>2</sup>	[mg/kg]	8	5	<b>107</b>	40	100	200	600
Quecksilber <sup>2</sup>	[mg/kg]	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,3	1	3	10
Zink <sup>2</sup>	[mg/kg]	48	11	42	120	300	500	1500
<b>Eluat</b>					<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		8,6	9,1	8,8	7,0 – 12,5			
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	326	135	92	500	1500	2500	3000
Chlorid	[mg/l]	<b>12,3</b>	<b>13,8</b>	4,8	10	20	40	150
Sulfat	[mg/l]	<b>103</b>	6,5	9,3	50	150	300	600
Arsen	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	10	10	40	50
Blei	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	20	40	100	100
Cadmium	[µg/l]	< 1	< 1	< 1	2	2	5	5
Chrom ges.	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	15	30	75	100
Kupfer	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	50	50	150	200
Nickel	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	40	50	100	100
Quecksilber	[µg/l]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2	1	2
Zink	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	100	100	300	400
Phenolindex	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	< 10	10	50	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	uneingeschränkt	eingeschränkt offen		eingeschränkt m. techn. Sicherungsmaßnahmen

<sup>1, 2</sup> und <sup>3</sup> siehe Tabelle 31

**Tabelle 29** Untersuchungen gemäß LAGA M20 - Beton-/Tragschichten (KB04, KB19, RKS22)

Bezeichnung der Probe		RKS 24 ungeb. Trag- schichten 0,14-0,60 m	RKS 25 ungeb. Trag- schichten 0,11-0,48	RKS 26 Beton-/Trag- schichten 0,30-0,80 m	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.4-1, II.1.4-5 und -6 Mindestuntersuchungsprogramm für Bauschutt vor Aufbereitung bei unspezifischem Verdacht			
Bestandteile		Boden + min. Bestandteile	Boden + min. Bestandteile	Boden + min. Bestandteile				
Geruch		erdig	erdig	erdig				
<b>Feststoff</b>					<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
Kohlenwas- serstoffe	[mg/kg]	< 50	< 50	< 50	100	300 <sup>1</sup>	500 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>
EOX	[mg/kg]	< 1	< 1	< 1	1	3	5	10
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	5 (20) <sup>3</sup>	15 (50) <sup>3</sup>	75 (100) <sup>3</sup>
Benzo(a)- pyren	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1				
PCB	[mg/kg]	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,1	0,5	1
Arsen <sup>2</sup>	[mg/kg]	9	7	3	20	30	50	150
Blei <sup>2</sup>	[mg/kg]	< 5	< 5	5	100	200	300	1000
Cadmium <sup>2</sup>	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,6	1	3	10
Chrom ges. <sup>2</sup>	[mg/kg]	<b>142</b>	<b>144</b>	35	50	100	200	600
Kupfer <sup>2</sup>	[mg/kg]	<b>402</b>	<b>64</b>	15	40	100	200	600
Nickel <sup>2</sup>	[mg/kg]	<b>82</b>	<b>107</b>	17	40	100	200	600
Queck-silber <sup>2</sup>	[mg/kg]	0,10	< 0,07	< 0,07	0,3	1	3	10
Zink <sup>2</sup>	[mg/kg]	<b>232</b>	42	37	120	300	500	1500
<b>Eluat</b>					<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		9,1	8,8	10,3	7,0 – 12,5			
elektr. Leitfä- higkeit	[µS/cm]	83	101	154	500	1500	2500	3000
Chlorid	[mg/l]	1,2	0,8	5,4	10	20	40	150
Sulfat	[mg/l]	5,8	23,9	12,3	50	150	300	600
Arsen	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	10	10	40	50
Blei	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	20	40	100	100
Cadmium	[µg/l]	< 1	< 1	< 1	2	2	5	5
Chrom ges.	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	15	30	75	100
Kupfer	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	50	50	150	200
Nickel	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	40	50	100	100
Quecksilber	[µg/l]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2	1	2
Zink	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	100	100	300	400
Phenolindex	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	< 10	10	50	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 2</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 0</b>	uneinge- schränkt	eingeschränkt offen		einge- schränkt m. techn. Sicher- ungs- maßnah- men

<sup>1, 2</sup> und <sup>3</sup> siehe Tabelle 31

**Tabelle 30** Untersuchungen gemäß LAGA M20 - Beton-/Tragschichten (RKS24 bis RKS26)

Bezeichnung der Probe		RKS 18 Bankettmaterial	RKS 20 Bankettmaterial	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.4-1, II.1.4-5 und -6 Mindestuntersuchungsprogramm für Bauschutt vor Aufbereitung bei unspezifischem Verdacht			
Bestandteile		Boden + min. Bestandteile	Boden + min. Bestandteile				
Geruch		leicht erdig	leicht erdig				
<b>Feststoff</b>				<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
Kohlenwasserstoffe	[mg/kg]	< 50	< 50	100	300 <sup>1</sup>	500 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>
EOX	[mg/kg]	< 1	< 1	1	3	5	10
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	1	5 (20) <sup>3</sup>	15 (50) <sup>3</sup>	75 (100) <sup>3</sup>
Benzo(a)-pyren	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1				
PCB	[mg/kg]	< 0,02	< 0,02	0,02	0,1	0,5	1
Arsen <sup>2</sup>	[mg/kg]	8	8	20	30	50	150
Blei <sup>2</sup>	[mg/kg]	22	15	100	200	300	1000
Cadmium <sup>2</sup>	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	0,6	1	3	10
Chrom ges. <sup>2</sup>	[mg/kg]	19	16	50	100	200	600
Kupfer <sup>2</sup>	[mg/kg]	29	20	40	100	200	600
Nickel <sup>2</sup>	[mg/kg]	17	15	40	100	200	600
Queck-silber <sup>2</sup>	[mg/kg]	< 0,07	< 0,07	0,3	1	3	10
Zink <sup>2</sup>	[mg/kg]	81	47	120	300	500	1500
<b>Eluat</b>				<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		8,5	8,8	7,0 – 12,5			
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	109	157	500	1500	2500	3000
Chlorid	[mg/l]	1,3	2,3	10	20	40	150
Sulfat	[mg/l]	5,4	4,1	50	150	300	600
Arsen	[µg/l]	< 5	< 5	10	10	40	50
Blei	[µg/l]	< 5	< 5	20	40	100	100
Cadmium	[µg/l]	< 1	< 1	2	2	5	5
Chrom ges.	[µg/l]	< 10	< 10	15	30	75	100
Kupfer	[µg/l]	< 10	< 10	50	50	150	200
Nickel	[µg/l]	< 10	< 10	40	50	100	100
Quecksilber	[µg/l]	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2	1	2
Zink	[µg/l]	< 10	< 10	100	100	300	400
Phenolindex	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	50	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 0</b>	<b>Z 0</b>	uneingeschränkt	eingeschränkt offen		eingeschränkt m. techn. Sicherungsmaßnahmen

<sup>1</sup> Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen keine Ausschlusskriterien dar.

<sup>2</sup> Sollen Recyclingbaustoffe, z. B. Vorabsiebmaterial, und nicht aufbereiteter Bauschutt als Bodenmaterial für Rekultivierungszwecke und Geländeauffüllungen in der Einbauklasse 1 verwendet werden, ist die Untersuchung von Arsen und Schwermetallen erforderlich. Es gelten dann die Kriterien und Zuordnungswerte Z 1 der TR.

<sup>3</sup> Im Einzelfall kann bis zu dem in Kammern genannten Wert abgewichen werden.

**Tabelle 31** Untersuchungen gemäß LAGA M20 - Bankettmaterial (RKS18 und RKS20)

Bewertung der Prüfergebnisse:

Die untersuchten Proben ZEB 02 und ZEB 03 weisen leicht erhöhte Chrom- bzw. Arsengehalte auf und werden deshalb der

**Verwertungs-/Einbauklasse Z 1.2**

**- eingeschränkter offener Einbau -**

zugeordnet.

Die Materialien der Proben RKS 18, 20 und 26 sind in allen Parametern unauffällig und werden deshalb der

~~**Verwertungs-/Einbauklasse Z 0**~~

~~**- uneingeschränkter Einbau -**~~

~~zugeordnet.~~

Die untersuchten Proben KB 04 und ~~KB 19~~ weisen leicht erhöhte Kupfer-, Chlorid- und Sulfatgehalte auf und werden deshalb der

**Verwertungs-/Einbauklasse Z 1.1**

**- eingeschränkter offener Einbau -**

zugeordnet.

Die untersuchten Proben ~~RKS 22~~ und 25 weisen leicht erhöhte Chrom-, Kupfer-, und Nickelgehalte auf und werden deshalb der

**Verwertungs-/Einbauklasse Z 1.2**

**- eingeschränkter offener Einbau -**

zugeordnet.

Das Material der Probe RKS 24 weist unter anderem einen erhöhten Kupfergehalt auf, auf Grund dessen diese Probe der

~~**Verwertungs-/Einbauklasse Z 2**~~

~~**- eingeschränkter Einbau mit definierten  
technischen Sicherungsmaßnahmen -**~~

~~zugeordnet wird.~~

### 5.1.3 Planumsböden im Bereich bestehender Verkehrswege (relevante Aushubmassen)

Die aus dem planumsrelevanten Bereich der zu erneuernden B 91 und betroffener angrenzender Verkehrswege entnommenen Proben wurden entsprechend den Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand: 05.11.2004, Tabellen II.1.2-1 bis II.1.2-5 untersucht.

#### Bewertung der Prüfergebnisse:

Die Probe der Bohrung RKS 18 ist in allen Bestandteilen unauffällig und wird somit der

#### **Verwertungs-/Einbauklasse Z 1.1**

**- eingeschränkter offener Einbau -**

zugeordnet.

Die Proben der Bohrungen ZEB 03/2, RKS 05, RKS 22 und ~~RKS 25~~ werden auf Grund der erhöhten Chlorid- und Sulfatgehalte und der dadurch erhöhten Leitfähigkeit der

#### **Verwertungs-/Einbauklasse Z 1.2**

**- eingeschränkter offener Einbau -**

zugeordnet.

Die Proben der Bohrungen ZEB 02/2, KB 04 (Planum), ~~KB 19 (Planum)~~ weisen erhöhte Sulfat- und Chloridgehalte und daraus resultierende erhöhte Leitfähigkeit auf. Die Proben aus dem Planum der Bohrung RKS 22 und RKS 26 weisen erhöhte PAK-Gehalte auf. Die Proben werden auf Grund dieser Ergebnisse der

#### **Verwertungs-/Einbauklasse Z 2**

**- eingeschränkter Einbau mit definierten  
technischen Sicherungsmaßnahmen -**

zugeordnet.

Die beiden Proben der Bohrung RKS 24 weisen stark erhöhte Sulfatgehalte (> Z 2) auf und können daher nicht mehr in Verwertungs-/Einbauklassen nach LAGA M20, TR Boden eingestuft werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen nach LAGA M20 sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

Bezeichnung der Probe		ZEB 02/2 1,15 - 2,20 m	ZEB 03/2 0,90 - 2,50 m	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.2-1 bis -5 Mindestprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht			
				Z 0 (Sand)	Z 1	Z 2	
<b>Feststoff</b>							
Kohlenwasserstoffe	[mg/kg]	< 30	35	100	300 (600) <sup>4</sup>	1000 (2000) <sup>4</sup>	
EOX <sup>3</sup>	[mg/kg]	< 1	< 1	1	3	10	
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	n.n.	n.n.	3	3 (9) <sup>5</sup>	30	
Benzo(a)-pyren	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	0,3	0,9	3	
TOC	[M.-%]	0,96	0,42	0,5 (1,0) <sup>6</sup>	1,5	5	
Arsen	[mg/kg]	6,8	6,9	10	45	150	
Blei	[mg/kg]	9,6	6,1	40	210	700	
Cadmium	[mg/kg]	0,2	0,4	0,4	3	10	
Chrom ges.	[mg/kg]	30	29	30	180	600	
Kupfer	[mg/kg]	14	13	20	120	400	
Nickel	[mg/kg]	18	18	15	150	500	
Quecksilber	[mg/kg]	0,07	0,11	0,1	1,5	5	
Zink	[mg/kg]	57	47	60	450	1500	
<b>Eluat</b>				<b>Z 0/Z 0*</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		7,9	8,8	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	<b>610</b>	<b>280</b>	250	250	1500	2000
Chlorid <sup>2)</sup>	[µg/L]	<b>44</b>	<b>46</b>	30	30	50	100 (300)
Sulfat <sup>2)</sup>	[µg/L]	<b>170</b>	11	20	20	50	200
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		Z 2	Z 1.2	uneingeschränkt	eingeschränkt offen		eingeschränkt m. techn. Sicherungsmaßnahmen

<sup>2)</sup> nur bei Bodenarten mit mineralischen Fremdbestandteilen sowie Baggergut aus Gewässern mit erhöhten Salzgehalten erforderlich

<sup>3)</sup> Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

<sup>4)</sup> Die angegebenen Z-Werte gelten für KW-Verbindungen mit einer Kettenlänge von C<sub>10</sub> bis C<sub>22</sub>. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

<sup>5)</sup> Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.

<sup>6)</sup> Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 M.-%.

n.n. - nicht nachweisbar

**Tabelle 32** Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (ZEB02 und ZEB03)

Bezeichnung der Probe		RKS 05 2,0-4,5 m	RKS 18 0,9-3,0 m	RKS 22 2,1-4,0 m	RKS 24 1,7-2,6 m	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.2-4 und -5 Mindestprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht		
Bestandteile		Boden + min. Best.	Boden + min. Best.	Boden + min. Best.	Boden + min. Best.			
Geruch		ohne	ohne	ohne	ohne			
<b>Feststoff</b>						<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>	
Kohlenwasser- stoffe	[mg/kg]	< 50	< 50	< 50	< 50	300 (600) <sup>4</sup>	1000 (2000) <sup>4</sup>	
EOX <sup>3</sup>	[mg/kg]	< 1	< 1	< 1	< 1	3	10	
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3 (9) <sup>5</sup>	30	
Benzo(a)-pyren	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,9	3	
TOC	[M.-%]	0,3	0,2	0,1	1,3	1,5	5	
Summe LHKW	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1	1	
Summe BTEX	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1	1	
Summe PCB	[mg/kg]	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,15	0,5	
Arsen	[mg/kg]	5	6	6	6	45	150	
Blei	[mg/kg]	10	9	11	13	210	700	
Cadmium	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	3	10	
Chrom ges.	[mg/kg]	26	24	28	28	180	600	
Kupfer	[mg/kg]	12	10	12	20	120	400	
Nickel	[mg/kg]	20	20	21	22	150	500	
Quecksilber	[mg/kg]	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	1,5	5	
Thallium	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	2,1	7	
Zink	[mg/kg]	36	33	40	58	450	1500	
Cyanid ges.	[mg/kg]	0,076	< 0,05	< 0,05	0,060	3	10	
<b>Eluat</b>						<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		7,9	9,1	7,8	7,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12
elektr. Leit- fähigkeit	[µS/cm]	240	134	215	<b>1350</b>	250	1500	2000
Chlorid <sup>2)</sup>	[mg/l]	<b>45,9</b>	3,8	11,2	28,2	30	50	100 (300)
Sulfat <sup>2)</sup>	[mg/l]	3,5	2,1	<b>47,6</b>	<b>696</b>	20	50	200
Cyanid ges.	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	< 5	5	10	20
Arsen	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	< 5	14	2	60 (120)
Blei	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	< 5	40	80	200
Cadmium	[µg/l]	< 1	< 1	< 1	< 1	1,5	3	6
Chrom ges.	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	12,5	25	60
Kupfer	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	20	60	100
Nickel	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	15	20	70
Quecksilber	[µg/l]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	1	2
Zink	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	150	200	600
Phenolindex	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	20	40	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 1.2</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>&gt; Z 2</b>	eingeschränkt offen		eingeschränkt m. techn. Sicherungs- maßnahmen

<sup>2)</sup> nur bei Bodenarten mit mineralischen Fremdbestandteilen sowie Baggergut aus Gewässern mit erhöhten Salzgehalten erforderlich

<sup>3)</sup> Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

<sup>4)</sup> Die angegebenen Z-Werte gelten für KW-Verbindungen mit einer Kettenlänge von C<sub>10</sub> bis C<sub>22</sub>. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

<sup>5)</sup> Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.

<sup>6)</sup> Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 M.-%.

n.n. - nicht nachweisbar

**Tabelle 33** Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (RKS05, RKS18, RKS22, RKS24)

Bezeichnung der Probe		KB 04	KB 19	RKS 22	RKS 24	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.2-4 und -5 Mindestprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht		
		0,9-1,5 m	0,95-1,5 m	0,8-2,1 m	0,6-1,7 m			
Bestandteile		lehmiger Boden	Boden + min. Best.	Boden + Bauschutt	lehmiger Boden			
Geruch		ohne	ohne	ohne	ohne			
<b>Feststoff</b>						<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>	
Kohlenwasserstoffe	[mg/kg]	< 50	< 50	130	< 50	300 (600) <sup>4</sup>	1000 (2000) <sup>4</sup>	
EOX <sup>3</sup>	[mg/kg]	< 1	< 1	< 1	< 1	3	10	
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	15	< 0,1	3 (9) <sup>5</sup>	30	
Benzo(a)-pyren	[mg/kg]	< 0,1	< 0,1	0,8	< 0,1	0,9	3	
TOC	[M.-%]	0,2	1,1	1,0	0,6	1,5	5	
Summe LHKW	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1	1	
Summe BTEX	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1	1	
Summe PCB	[mg/kg]	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,15	0,5	
Arsen	[mg/kg]	8	6	5	6	45	150	
Blei	[mg/kg]	13	16	16	11	210	700	
Cadmium	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	3	10	
Chrom ges.	[mg/kg]	33	27	20	26	180	600	
Kupfer	[mg/kg]	13	16	12	13	120	400	
Nickel	[mg/kg]	22	21	15	20	150	500	
Quecksilber	[mg/kg]	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	1,5	5	
Thallium	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	2,1	7	
Zink	[mg/kg]	45	53	46	39	450	1500	
Cyanid ges.	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	3	10	
<b>Eluat</b>						<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert		8,0	7,5	10,6	7,8	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	322	257	495	513	250	1500	2000
Chlorid <sup>2)</sup>	[mg/l]	62,1	59,1	53,8	10,9	30	50	100 (300)
Sulfat <sup>2)</sup>	[mg/l]	15,1	4,4	73,4	207	20	50	200
Cyanid ges.	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	< 5	5	10	20
Arsen	[µg/l]	< 5	< 5	< 5	< 5	14	2	60 (120)
Blei	[µg/l]	5	< 5	< 5	< 5	40	80	200
Cadmium	[µg/l]	< 1	< 1	< 1	< 1	1,5	3	6
Chrom ges.	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	12,5	25	60
Kupfer	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	20	60	100
Nickel	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	15	20	70
Quecksilber	[µg/l]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	1	2
Zink	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	150	200	600
Phenolindex	[µg/l]	< 10	< 10	< 10	10	20	40	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 2</b>	<b>Z 2</b>	<b>Z 2</b>	<b>&gt; Z 2</b>	eingeschränkt offen		eingeschränkt m. techn. Sicherungsmaßnahmen

<sup>2)</sup> nur bei Bodenarten mit mineralischen Fremdbestandteilen sowie Baggergut aus Gewässern mit erhöhten Salzgehalten erforderlich

<sup>3)</sup> Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

<sup>4)</sup> Die angegebenen Z-Werte gelten für KW-Verbindungen mit einer Kettenlänge von C<sub>10</sub> bis C<sub>22</sub>. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

<sup>5)</sup> Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.

<sup>6)</sup> Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 M.-%.

n.n. - nicht nachweisbar

**Tabelle 34** Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (KB04, KB19, RKS22, RKS24)

Bezeichnung der Probe		RKS 25 0,48-1,1 m	RKS 26 0,8-1,5 m	Zuordnungswerte LAGA M20, Tabellen II.1.2-4 und -5 Mindestprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht			
Bestandteile		Boden + min. Best.	Boden + min. Best.				
Geruch		ohne	ohne				
<b>Feststoff</b>				<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>		
Kohlenwasser- stoffe	[mg/kg]	130	< 50	300 (600) <sup>4</sup>	1000 (2000) <sup>4</sup>		
EOX <sup>3</sup>	[mg/kg]	< 1	< 1	3	10		
PAK <sub>16</sub>	[mg/kg]	< 0,1	<b>5,1</b>	3 (9) <sup>5</sup>	30		
Benzo(a)-pyren	[mg/kg]	< 0,1	0,4	0,9	3		
TOC	[M.-%]	0,3	0,8	1,5	5		
Summe LHKW	[mg/kg]	< 0,05	0,18	1	1		
Summe BTEX	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	1	1		
Summe PCB	[mg/kg]	< 0,02	< 0,02	0,15	0,5		
Arsen	[mg/kg]	5	6	45	150		
Blei	[mg/kg]	9	25	210	700		
Cadmium	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	3	10		
Chrom ges.	[mg/kg]	25	15	180	600		
Kupfer	[mg/kg]	11	14	120	400		
Nickel	[mg/kg]	20	14	150	500		
Quecksilber	[mg/kg]	< 0,07	< 0,07	1,5	5		
Thallium	[mg/kg]	< 0,4	< 0,4	2,1	7		
Zink	[mg/kg]	35	50	450	1500		
Cyanid ges.	[mg/kg]	< 0,05	0,063	3	10		
<b>Eluat</b>				<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>	
pH-Wert		7,4	9,2	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	
elektr. Leitfä- higkeit		[µS/cm]	165	201	250	1500	2000
Chlorid <sup>2)</sup>		[mg/l]	1,5	11,6	30	50	100 (300)
Sulfat <sup>2)</sup>		[mg/l]	<b>47,8</b>	5,6	20	50	200
Cyanid ges.		[µg/l]	< 5	< 5	5	10	20
Arsen		[µg/l]	< 5	< 5	14	2	60 (120)
Blei		[µg/l]	< 5	< 5	40	80	200
Cadmium		[µg/l]	< 1	< 1	1,5	3	6
Chrom ges.		[µg/l]	< 10	10	12,5	25	60
Kupfer		[µg/l]	< 10	10	20	60	100
Nickel		[µg/l]	< 10	10	15	20	70
Quecksilber		[µg/l]	< 0,2	< 0,2	< 0,5	1	2
Zink		[µg/l]	< 10	10	150	200	600
Phenolindex		[µg/l]	< 10	10	20	40	100
Zuordnung Einbauklassen (Einbaumöglichkeiten)		<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>	eingeschränkt offen		eingeschränkt m. techn. Sicherungs- maßnahmen	

<sup>2)</sup> nur bei Bodenarten mit mineralischen Fremdbestandteilen sowie Baggergut aus Gewässern mit erhöhten Salzgehalten erforderlich

<sup>3)</sup> Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

<sup>4)</sup> Die angegebenen Z-Werte gelten für KW-Verbindungen mit einer Kettenlänge von C<sub>10</sub> bis C<sub>22</sub>. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

<sup>5)</sup> Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.

<sup>6)</sup> Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 M.-%.

n.n. - nicht nachweisbar

**Tabelle 35** Untersuchungen gemäß LAGA M20 – Planum (RKS25, RKS26)

#### 5.1.4 Messungen mit dem Benkelman-Balken

Seitens des Auftraggebers wurde für den untersuchten Streckenabschnitt auf eine Verstärkung der vorhandenen Straßenbefestigung unter Nutzung der Resttragfähigkeit orientiert.

Es wurden Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken durchgeführt, um die komplexe Tragfähigkeit des vorhandenen Straßenoberbaues zu ermitteln und dessen Tragverhalten über den gesamten Streckenabschnitt zu beurteilen.

#### Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen mit dem Benkelman-Balken

Die Messungen wurden unter folgenden Randbedingungen durchgeführt:

Messradlast  $P_x$ :  $P_x = 59,8 \text{ kN}$

Oberbautemperatur  $T_m$ :  $T_m = 11 \text{ °C}$ .

Aus den Randbedingungen ergeben sich entsprechend des „Merkblattes über Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken“ folgende Umrechnungsfaktoren  $k_1$  und  $k_2$ :

$$k_1 = 0,0167 \text{ [-]}$$

$$k_2 = 1,11 \text{ [-]}.$$

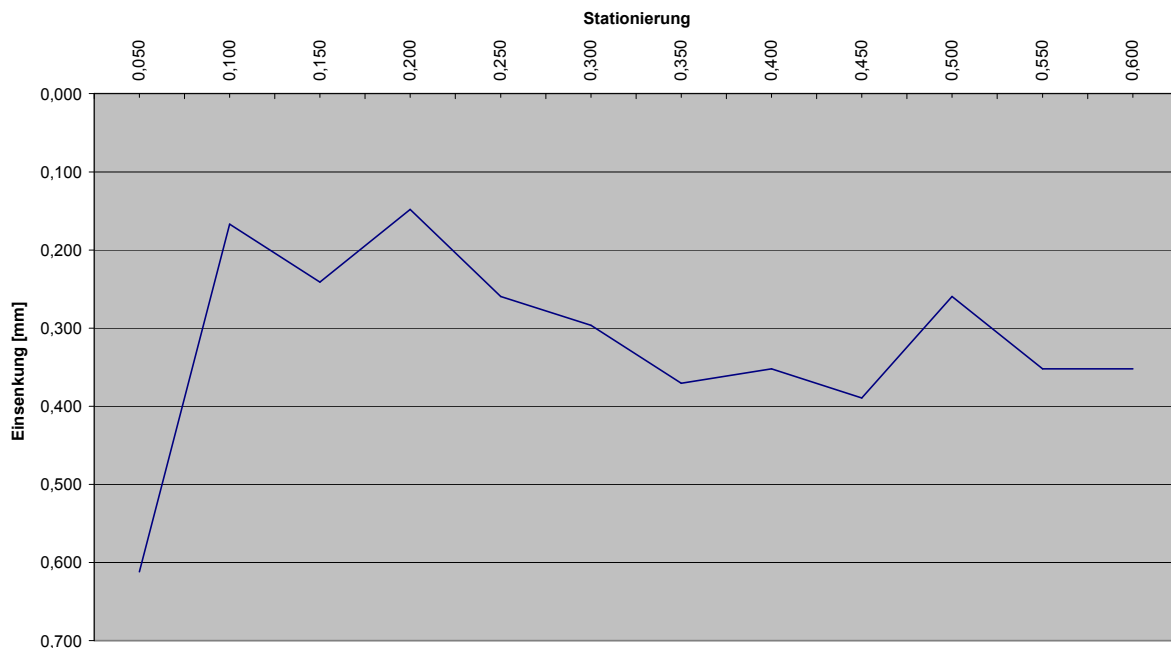
Die genannten Umrechnungsfaktoren dienen der Korrektur der Messwerte und der Berechnung der mittleren Einsenkungen bei einer Radlast von 50 kN und einer Oberbautemperatur von 20 °C.

Rechter Fahrstreifen (RF Zeit): Bauanfang in Richtung Bauende

Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken								
Radlast:		59,8		[kN]				
Korrekturfaktor $k_1$ :		0,0167		[-]				
Messstelle		B 91 Ortsumfahrung Deuben - Naundorf, BA - BE, rechts						
Nr.	Bau-km	Einsenkung s		Temperatur $T_m$	Korrekturfaktor $k_2$	Bemerkungen		
		Ablesung	bez. auf 5 t			$s \cdot k_2$	[mm]	
		[Skt.]	[mm]					[mm]
				[°C]	[-]	[mm]		
1	0,050	33	0,551	11	1,110	0,612	Risse in Rollspur	
2	0,100	9	0,150	11	1,110	0,167		
3	0,150	13	0,217	11	1,110	0,241		
4	0,200	8	0,134	11	1,110	0,148		
5	0,250	14	0,234	11	1,110	0,260		
6	0,300	16	0,267	11	1,110	0,297		
7	0,350	20	0,334	11	1,110	0,371	Risse in Rollspur	
8	0,400	19	0,317	11	1,110	0,352	Risse in Rollspur	
9	0,450	21	0,351	11	1,110	0,389	Risse in Rollspur	
10	0,500	14	0,234	11	1,110	0,260		
11	0,550	19	0,317	11	1,110	0,352		
12	0,600	19	0,317	11	1,110	0,352	Risse in Rollspur	
		Mittlere Einsenkung:				[mm]	<b>0,317</b>	
		Standardabweichung:				[mm]	<b>0,122</b>	
		Variationskoeffizient:				[%]	<b>38,4</b>	

Tabelle 36 Messungen mit dem Benkelman-Balken (Rechter Fahrstreifen)

Einsenkungslängsschnitt für die Richtungsfahrbahn B 91, BA in Richtung BE, rechts

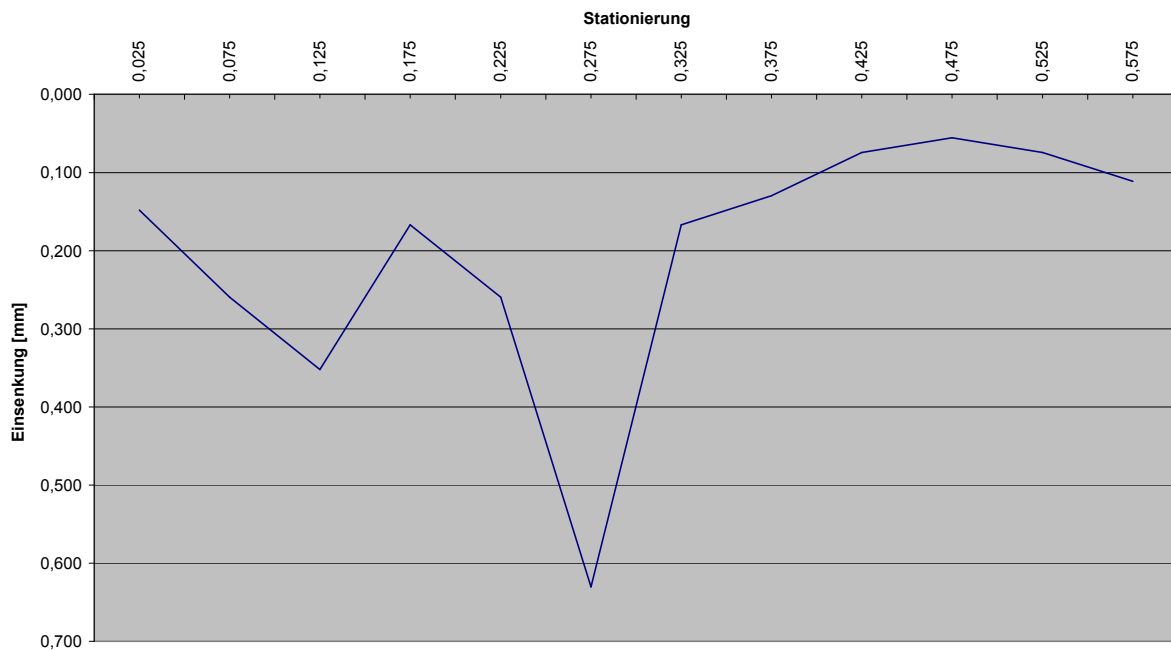


Linker Fahrstreifen (RF Weißenfels): Bauanfang in Richtung Bauende

Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken							
Radlast:		59,8		[kN]			
Korrekturfaktor $k_1$ :		0,0167		[-]			
Messstelle		B 91 Ortsumfahrung Deuben - Naundorf, BA - BE, links					
Nr.	Bau-km	Einsenkung s	Einsenkung s	Temperatur $T_m$	Korrektur- faktor	Bemerkungen	
		Ablesung	bez. auf 5 t		$k_2$		
		[Skt.]	[mm]		[-]		
					$s \cdot k_2$		
					$s_{m20}$		
				[°C]			
1	0,025	8	0,134	11	1,110	0,148	
2	0,075	14	0,234	11	1,110	0,260	
3	0,125	19	0,317	11	1,110	0,352	Risse in Rollspur
4	0,175	9	0,150	11	1,110	0,167	
5	0,225	14	0,234	11	1,110	0,260	
6	0,275	34	0,568	11	1,110	0,630	Risse in Rollspur
7	0,325	9	0,150	11	1,110	0,167	
8	0,375	7	0,117	11	1,110	0,130	
9	0,425	4	0,067	11	1,110	0,074	
10	0,475	3	0,050	11	1,110	0,056	
11	0,525	4	0,067	11	1,110	0,074	
12	0,575	6	0,100	11	1,110	0,111	
Mittlere Einsenkung:					[mm]	<b>0,202</b>	
Standardabweichung:					[mm]	<b>0,161</b>	
Variationskoeffizient:					[%]	<b>79,6</b>	

Tabelle 37 Messungen mit dem Benkelman-Balken (Linker Fahrstreifen)

Einsenkungslängsschnitt für die Richtungsfahrbahn B 91, BA in Richtung BE, links



Bemessungstechnisch gilt als maßgebende Einsenkung der Mittelwert  $s_m$  der gemessenen Einsenkungen zuzüglich der doppelten Standardabweichung  $s_s$ .

Die Summierung der doppelten Standardabweichung erfolgt auf Grund der relativ großen Streuung der Einzelmesswerte, die sich in den Variationskoeffizienten von 79,6 % widerspiegeln.

Für den Untersuchungsabschnitt liegen somit folgende Ergebnisse vor:

Fahrstreifen Bauanfang in Richtung Bauende, rechts:  $s_o = 0,561$  mm  
Fahrstreifen Bauanfang in Richtung Bauende, links:  $s_o = 0,524$  mm.

Als maßgebend für den zu bewertenden Streckenabschnitt ist der Einsenkungswert  $s_o = 0,561$  mm.

#### Beurteilung

Die Ergebnisse in ihrer Gesamtheit betrachtet verdeutlichen, dass mit einer maßgebenden Einsenkung von 0,561 mm für den untersuchten Fahrbahnabschnitt in der Bauklasse II der Einsenkungsgrenzwert von 0,36 mm (LEYKAUF) überschritten ist. Somit ist eine Verstärkung der Fahrbahnbefestigung aus Gründen der Erhaltung der Substanz notwendig. Die obere Grenze der Erneuerungsklasse 1 von 0,93 mm ist nicht überschritten; somit ist eine Erneuerung im grundhaften Ausbau auf Grund der Resttragfähigkeit nicht notwendig.

Das Einsenkungsprofil verdeutlicht, dass der erkundete Streckenabschnitt nicht gleichmäßig ausgebildet ist. Grundsätzlich können hinsichtlich des Tragverhaltens die Bereiche mit deutlich ausgeprägten Rissbildungen in der äußeren Rollspur als geschädigt festgestellt werden.

Auf der Grundlage des Schadensbildes des Straßenoberbaues mit Rissbildungen in den Rollspuren wird bei einer Erneuerung in Asphaltbauweise im Hocheinbau eine Verstärkung entsprechend **Erneuerungsklasse 1** nach RStO 01 mit einer Mindestdicke von 20 cm empfohlen.

## 5.2 Vorschlag zur Erneuerungsart- und –bauweise

Resultierend aus den Untersuchungsergebnissen und dem vorgefundenen visuell sichtbaren Zustand der Erkundungstrecke werden folgende Erneuerungsvarianten der Verkehrsflächenbefestigung entsprechend **Bauklasse II** aufgezeigt:

### Variante 1

#### Erneuerung in Asphaltbauweise im Hocheinbau

#### Vorhandene Befestigung, Bauweise mit Asphaltdecke

gemäß Tafel 5, Zeile 1 der RStO 01

---

4 cm	Splittmastixasphalt 0/11 S mit PmB 45 gemäß Unterlagen /8/ und /11/
8 cm	Asphaltbinder 0/22 S mit PmB 45 gemäß Unterlagen /8/ und /11/
≥ 8 cm	Asphalttragschicht 0/32 Typ CS mit 50/70 gemäß Unterlage /7/

---

≥ 20 cm	Fahrbahnkonstruktionsaufbau
---------	-----------------------------

---

Der Ausgleich der vorhandenen Unebenheiten der Fahrbahn erfolgt über die Dicke der Asphalttragschicht. Diese ist so einzubauen, dass die Minstdicke von 8 cm an jeder Stelle gewährleistet ist. Eine zusätzliche Schicht als Profilausgleich ist nicht vorgesehen.

Mit dem o.g. Erneuerungsvorschlag werden die nach LEYKAUF ermittelten rechnerischen Verstärkungen des bitumengebundenen Oberbaues gesichert.

### Variante 2

#### Bauweise mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß

Tafel 1, Zeile 1 der RStO 01

---

4 cm	Splittmastixasphalt 0/11 S mit PmB 45 gemäß Unterlagen /8/ und /11/
8 cm	Asphaltbinder 0/22 S mit PmB 45 gemäß Unterlagen /8/ und /11/
14 cm	Asphalttragschicht 0/32 Typ CS mit 50/70 gemäß Unterlage /7/
39 cm	Frostschuttschicht 0/32 FSS/B2 ( $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ ) gemäß Unterlage /11/ und /17/

---

65 cm	Fahrbahnkonstruktionsaufbau
-------	-----------------------------

---

### Variante 3

**Bauweise mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/ Unterbau gemäß Tafel 4, Zeile 1 der RStO 01**

---

<b>4 cm</b>	<b>Splittmastixasphalt 0/11 S mit PmB 45 gemäß Unterlagen /8/ und /11/</b>
<b>8 cm</b>	<b>Asphaltbinder 0/22 S mit PmB 45 gemäß Unterlagen /8/ und /11/</b>
<b>26 cm</b>	<b>Asphalttragschicht 0/32 Typ CS mit 50/70 gemäß Unterlage /7/</b>
<b>38 cm</b>	<b>Fahrbahnkonstruktionsaufbau</b>

---

Die Asphalttragschicht ist in 2 Lagen zu je 13 cm einzubauen.

Bei den oben vorgeschlagenen Varianten 2 und 3 zur Erneuerung und zum Neubau des Straßenoberbaues ist eine Planumstragfähigkeit (unterhalb des Fahrbahnkonstruktionsaufbaus) von  $E_{v2 \text{ erforderlich}} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen.

Nach Unterlage /10/ ist bei Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau und anstehenden F3 eine Bodenverfestigung des Unterbaues/Untergrundes in einer Mindestdicke von 15 cm vorzusehen.

Bei den o.g. Varianten 2 und 3 ist zu prüfen, ob vorhandene Tragschichten des Straßenoberbaues als Unterbau oder ungebundene Tragschichten im Straßenkörper verbleiben und weiterhin genutzt werden können.

### 5.3 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Ein Teil der geplanten Trassenordinate verläuft nicht direkt auf der GOK. Im zentralen Abschnitt ist eine hohe Straßendammschüttung und südlich anschließend ein weitgespanntes Brückenbauwerk geplant.

Für die allgemeine Baugrundeinschätzung hinsichtlich der Tragfähigkeit werden aufgrund der Beeinflussungen durch den Braunkohlenbergbau und planerischer Randbedingungen die folgenden Bereiche unterschieden:

#### **Erneuerungsabschnitt zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 550 und südlich anschließender Bereich im Übergang zum geplanten Dammbauwerk bis Bau-km 0+ 650**

Das Planum liegt innerhalb sehr wasser- und frostempfindlicher Bodenschichten.

Schichtenwasser wurde 5-7 m unter GOK / FOK angetroffen. In der gesamten Baugrundsichten S2 kann Schichtenwasser auftreten: zwischen Bau-km 0+ 250 und 0+ 600 ist somit temporär mit Schichtenwasser ab 1 m unter FOK zu rechnen.

Zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 250 waren die potentiellen Planumsböden zum Zeitpunkt der Erkundung erdfeucht und ausreichend tragfähig. Diese Schichten werden ab 2,2 bis 3,4 m unter FOK von weichen, gering tragfähigen Baugrundsichten unterlagert.

Die nahezu geländegleiche Verfüllung des Restloches Tackau wirkt sich positiv auf die Standsicherheit des Endböschungssystems aus, auf dem die B91 Bestand zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 200 verläuft. Aussagen Dritter zur Standsicherheit dieser im Gewachsenen stehenden Böschung liegen nicht vor. Die Oberkante Abraum (Böschungsoberkante) verläuft in einem Abstand von 10-12 m zum Fahrbahnrand, der Tagebau war annähernd 20 m tief (Tagebausohle bei 143-145 mNHN). Die drei oberflächennah querenden Strecken des Braunkohlentiefbaus im Trassenbereich zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 100 müssen im Fahrbahnbereich und in der angrenzenden Endböschung des ehemaligen Restloches Tackau spätestens bis zum Beginn der Erneuerung verwahrt werden.

Zwischen Bau-km 0+ 250 und 0+ 600 sind direkt unterhalb des Straßenoberbaus ab 0,9-1,05 m unter FOK bis in eine Tiefe von mind. 6,5 m unter FOK Böden mit hohen Anteilen an weichen, gering tragfähigen Baugrundsichten auf, die als Gesamtheit in die Baugrundsichten S2/S0-4a eingeordnet wurden. Dabei handelt es sich überwiegend um gewachsene Boden (Lößsedimente). Südöstlich der Wohnbebauung von Deuben lehnt sich die bestehende Trasse zwischen Bau-km 0+ 400 bis 0+ 650 durch Anschnitt und Anschüttung an die Nordostflanke eines Hügels an. Aufgrund der festgestellten Rissbildungen, insbesondere in den äußeren Rollspuren, wurde für die bestehende Straßendammböschung eine Standsicherheitsberechnung durchgeführt.

Der Damm weist bei den angenommenen ungünstigen Kennwerten eine noch ausreichende Standsicherheit auf. Die Rissbildungen gehen damit nicht auf Sackungen der Dammböschungen zurück, sondern sind auf ungleichmäßige Setzungen im teilweise aufgeweichten Damm zurückzuführen.

Die Halde Wildschütz begleitet die B91 zwischen Bau-km 0+ 400 und 0+ 700 auf deren Nordflanke und läuft morphologisch 6 bis 8 m vor Beginn des Straßendamms der B91 aus. In /26/ wird ausgeführt, dass für die Südböschung der Halde Wildschütz eine Standsicherheitseinschätzung eine ausreichende Standsicherheit nachweist (Hochkippe Deuben Standsicherheitseinschätzung der Süd- und Westböschung, BIUG GmbH, 20.12.2001, dem Verfasser nicht vorliegend). Wichtige Randbedingung dieser Aussage ist eine Sickerlinie tiefer als 7 m unter Böschungsoberkante, die durch dauerhaft funktionsfähige technische Entwässerungsmaßnahmen sicherzustellen ist. Für die **dauerhafte** Gewährleistung der für die Standsicherheit der Halde unabdingbaren Entwässerungsmaßnahmen wird in /26/ die Planung und Umsetzung einer Gesamtlösung für die Halde Wildschütz empfohlen, einschließlich der Durchsetzung eines Konzeptes zur fortlaufenden Überwachung und Instandhaltung bestehender technischer Entwässerungsmaßnahmen.

#### **Abschnitt der geplanten Dammschüttung zwischen Bau-km 0+ 650 und ca. 1+ 100 mit Knotenpunkt und Anschlüssen MIBRAG & OL Naundorf**

Das Planum der Dammaufstandfläche (Dammhöhe bis ca. 9,6 m) befindet sich durchgehend innerhalb sehr wasser- und frostempfindlicher Bodenschichten.

Unter einer mind. 7 m mächtigen Bedeckung wurde ein Grundwasserleiter mit gespanntem Grundwasser angetroffen. Die Hangenden bindigen Schichten mit Sandeinlagerungen führen lokal Schichtenwasser (Anschnitt ab 5 m unter GOK). Eine Vernässung planumsnaher Schichten durch Staunässe in Regen- / Tauperioden ist möglich.

Zwischen Bau-km 0+ 650 und 0+ 900 wurden die Baugrundsichten während der Erkundung 2008 bis in eine Tiefe von 2,4 bis 3 m unter GOK mit mindestens steifer Konsistenz angetroffen. Ihre Nutzung als Planum für das zu errichtende Gründungspolster unterhalb des Damms ist bei Nachweis der entsprechenden Tragfähigkeit ohne Zusatzmaßnahmen noch möglich. Die mindestens steifen Schichten werden von weichen, gering tragfähigen Schichten bis in eine Tiefe von 7-8 m unter GOK unterlagert, was eine entsprechende Setzung des hergestellten Damms hervorrufen wird.

Zwischen Bau-km 0+ 900 und 1+ 100 wurde bis in 3 m Tiefe Auffüllung wechselnder Konsistenz aufgefunden. Diese wird bis Bau-km 1+ 050 (Beginn der morphologisch ausgeprägten

Geländerhebung) von weichen, gering tragfähigen Bodenschichten bis in eine Tiefe von 9-11 m unterlagert.

Südlich Bau-km 1+ 050 verbessern sich die Untergrundverhältnisse durch das Auftreten von mindestens steifem, teilweise halbfestem Geschiebemergel. Die Nutzung als Planum für das zu errichtende Gründungspolster unterhalb des Dammes ist bei Nachweis der entsprechenden Tragfähigkeit ohne Zusatzmaßnahmen noch möglich

Der geplante Damm quert abschnittsweise Braunkohlenbruchfelder, die durch den Abbau der Braunkohle in einer Tiefbausohle entstanden sind. In ihrem Bereich kam es nach dem Abbau der Kohle zu einer abgeschätzten durchschnittlichen Senkung der Tagesoberfläche in der Größenordnung von 2 m. Diese Flächen wurden eingeebnet und teilweise aufgefüllt. Obwohl das Primärbruchgeschehen abgeklungen ist, sind einzelne Brüche und Senkungen mit einem Durchmesser von bis zu 3 m sowie größere ungleichmäßige Setzungen weiterhin **nicht** auszuschließen. Eine Sicherung soll mittels Geotextil im Sinne einer Teilsicherung erfolgen.

Der geplante Damm wird an zwei Stellen von Tiefbaustrecken gequert. Die nördliche Strecke großen Querschnitts wurde als offen nachgewiesen (KB09), die zweite Strecke wurde nicht aufgefunden. Für beide Abschnitte sind aufgrund der Tagesbruchgefahr vorlaufende Sicherungsmaßnahmen (Verwahrung) notwendig.

#### **Abschnitt des geplanten Brückenbauwerkes zwischen Bau-km 1+ 100 und 1+ 200**

Die anstehenden Böden sind sehr wasser- und frostempfindlich. Die Baugrundverhältnisse sind für die Bauwerksgründung als wechselhaft und schwierig einzuschätzen.

Der lokale GWL 18 / 27 liegt tiefer als 10 m unter GOK (GWL-Oberkante tiefer 174 mNHN) und führt gespanntes Grundwasser. Der maximale gemessene GW-Stand dieses GWL liegt bei 178,2 mNHN (HGW). Im Hangenden Grundwassergeringleiter (Geschiebemergel und Löß mit Sandeinlagerungen) wurde Schichtenwasser bei 6,5 m unter GOK (172,2 mNHN) angetroffen. Der maximale gemessene GW-Stand des oberflächennahen Grundwassergeringleiters liegt bei 177,7 mNHN (HGW).

Im Bereich des nördlichen Widerlagers stehen in KB11 bis 6 m unter GOK bindige Böden überwiegend steifer Konsistenz an. Nach Norden wird eine schnelle Mächtigkeitzunahme der Böden steifer Konsistenz erwartet, sowie der oberflächennahe Einschub weicher Bodenschichten. Erst in einer Tiefe ab 7 bis 10 m wurden Schichten mit halbfester bis fester Konsistenz in größerer Mächtigkeit angetroffen. Die Geländeerhebungen nördlich der Bahngleise bestehen nach Bohrungsdaten Dritter (Unterlage /42/) überwiegend aus bindigen Böden steifer Konsistenz, überlagert von 2-4 m Auffülle.

Im Bereich des südlichen Widerlagers (KB13 oberhalb der Böschung) wurden erst in größerer Tiefe unter einer 8 m mächtiger Auffüllung gewachsene Bodenschichten mit mindestens halbfester Konsistenz angetroffen. Die gesamte Böschung südlich der MIBRAG-Bahn besteht aus Auffüllung. Die Auffüllung ist durch kleinräumige Wechsel der Materialzusammensetzung und der Konsistenz gekennzeichnet, die zudem durch die rasche und tiefgründige Vernässung infolge des Versinkens von Niederschlägen nachteilig beeinflusst werden kann. Aufgrund der Wechselhaftigkeit können für die Baugrundsichten der Auffüllung für Berechnungen und Nachweise deshalb überwiegend nur die Kennwerte der ungünstigeren Schichten mit weicher bis steifer Konsistenz bzw. lockerer Lagerung angesetzt werden, auch wenn lokal günstigere Werte nachgewiesen sind. Die Bohrung KB13 befindet sich bereits im Einflussbereich des südlich anschließenden Bruchfeldes. Die Bruchfeldgrenze stellt eine tief reichende Störung des Baugrundes dar, an der über eine kurze Distanz mit einer sehr starken Mächtigkeitszunahme der überwiegend gering tragfähigen, wechselhaften Auffüllung zu rechnen ist. Eine Gründung im Böschungsbereich ist aufgrund der großen zu erwartenden Setzungsunterschiede schwierig. Mit einem Herausrücken aus der Böschung nach Norden werden zunehmend günstigere Baugrundverhältnisse erwartet: die mächtige Auffüllung ist auf den Böschungsbereich und die südlich anschließenden Bereiche beschränkt, nördlich der Böschung stehen vorbehaltlich der noch durchzuführenden Detailerkundung oberflächennah bindige Böden mit mindestens halbfester Konsistenz an.

Der Bereich des Brückenbauwerkes wird von drei Strecken des Braunkohlentiefbaus gequert, davon zwei Strecken mit großem Querschnitt. Die südliche Strecke wurde mit KB13 offen (unverwahrt) angetroffen. Es ist von der Notwendigkeit der Verwahrung aller drei Strecken vor Beginn der Baumaßnahme auszugehen.

#### **Abschnitt südlich des Brückenbauwerkes bis Bau-km 1+600**

Die Ordinate der geplanten Trasse verläuft in leichter Dammlage bis 1,8 m Dammhöhe, nach Süden nähert sie sich der bestehenden GOK/FOK an.

Die anstehenden Böden sind überwiegend sehr wasser- und frostempfindlich, südlich Bau-km 1+ 400 stehen auf ca. 150 m Trassenlänge gering wasser- und frostempfindliche Böden an. Da es sich aber um einen Abschnitt mit sehr wechselhafter Auffüllung handelt, ist auch in diesem Bereich zwischen den durchgeführten Aufschlüssen (Abstand 100 m) das Auftreten sehr wasser- und frostempfindlicher Böden nicht auszuschließen. Oberflächennahe Grundwasserleiter kommen nicht vor, die Auffüllung kann bereits oberflächennah wassergesättigt sein. Es ist mit temporärer Vernässung planumsnaher Böden in Regen- und Tauperioden zu rechnen.

Die nachgewiesene Mächtigkeit der Auffüllung schwankt zwischen 8 und 15,5 m. Sie wurde durch Verkipfung von Abraum benachbarter Tagebaue hergestellt und dient zum Geländeausgleich der bergbaubedingten Senkungen über den Bruchfeldern des Braunkohlentiefbaus.

In diesem Trassenabschnitt existieren jeweils 4 bis 7 Bruchfeldern übereinander, dabei wurden 18-25 m Flözmächtigkeit abgebaut. Der Abbau erfolgte zeitlich versetzt von oben nach unten, das Zubruchwerfen des Deckgebirges erfolgte damit ebenfalls in 4 bis 7facher Wiederholung. Durch den Abbau der Kohle kam es zu einer abgeschätzten durchschnittlichen Senkung der Tagesoberfläche in der Größenordnung von 8 - 15 m. Die Reichweite der Senkungen geht aufgrund der Tiefenlage der Abbaue und bei Annahme eines durchschnittlichen Bruchwinkels von 65° etwa 40 m über die in den Anlagen 2.5 und 2.6 eingetragenen Bruchfeldgrenzen hinaus. Im Norden endet die Beeinflussung durch die Bruchfelder im Bereich des Böschungsfußes der Böschung südlich der MIBRAG-Bahn, im Süden reicht die Beeinflussung bis an die bestehende B91 heran, die auf Gewachsenem verläuft (Sicherheitspfeiler). In Abhängigkeit von der Verkipfungstechnologie schwankt die Bodenverdichtung erheblich. Es ist bekannt, dass die Kiprippen mit höherer Verdichtung durch Verstürzen in diesem Bereich in spitzem Winkel zur Trassenachse liegen. Beim Geländeausgleich wurden die Täler zwischen den Kiprippen dann ohne Verdichtung verfüllt. Somit wechseln sich in der Trassenachse mehr und weniger verdichtete Bereiche ab, was bei gleicher Belastung zu deutlichen Setzungsunterschieden („Berg und Tal“) in Richtung der Trassenachse führt. Weiterhin kann es zu Sackungen (plötzliches Zusammenbrechen des Korngerüsts) kommen. Setzungsfließen kann jedoch ausgeschlossen werden, da das Grundwasser sehr flurfern ansteht und der Kippenboden insgesamt gesehen nicht eng gestuft ist sowie einen hohen bindigen Anteil aufweist.

Das Deckgebirge im Bruchfeldbereich unterhalb der Auffüllung ist gestört (tiefreichende Entfestigung): auch unterhalb der Auffüllung ist mit starken horizontalen und vertikalen Wechsellagen in der Materialzusammensetzung und der Konsistenz / Lagerungsdichte zu rechnen.

Obwohl das Primärbruchgeschehen im Bruchfeld abgeklungen ist, sind einzelne Brüche und Senkungen mit einem Durchmesser von bis zu 3 m sowie größere ungleichmäßige Setzungen weiterhin **nicht** auszuschließen. Eine Sicherung soll mittels Geotextil im Sinne einer Teilsicherung erfolgen.

Südlich des Brückenbauwerkes erstreckt sich das in KB13 nachgewiesene Streckensystem mit seitlich abzweigenden Strecken unterhalb des Bruchfeldes bis zum Bau-km 1+ 250. Diese Strecken sind als offen anzunehmen und unabhängig von der Sicherung mit Geotextil (Bruchfeld) durch das Einbringen von lagestabilem Versatz zu verwalten.

Die östlich des Bruchfeldes mit KB17 angetroffene Strecke ist vollständig versetzt. Damit sind für diese Strecke die Angaben aus /47/ bestätigt. Die unmittelbar südlich davon gelegene Stre-

cke wurde nach /47/ ebenfalls angetroffen und verwahrt. Die Verwahrung 2001 diente zur Sicherung des Bestandes der B91. Die geplante neue Trasseachse verläuft etwa 30 m westlich des Bestandes, so dass der Verwahrungszustand auch für die westlichen Streckenabschnitte angrenzend an das Bruchfeld zu erkunden ist und diese Streckenabschnitte gegebenenfalls zu verwahren sind.

#### **Anschluss an Bestand zwischen Bau-km 1+ 600 und Bauende**

Das Planum liegt innerhalb des sehr wasser- und frostempfindlichen Lößlehms (S3) bzw. überbauten humosen Oberbodens (S1-2b). Zum Zeitpunkt der Erkundung waren die potentiellen Planumböden erdfeucht. Ihre Nutzung als Planum für die Frostschutzschicht ist bei Nachweis der entsprechenden Tragfähigkeit ohne Zusatzmaßnahmen möglich

Mit KB21 wurde in einer querenden Strecke des Braunkohletiefbaus Teilversatz nachgewiesen. Diese Strecke war 2001 ebenfalls Gegenstand der Verwahrungsarbeiten /47/. Für diese Tiefbaustrecke und benachbarte Strecken sind weitere Erkundungs- und Verwahrungsarbeiten notwendig, unter Berücksichtigung der größeren Flächeninanspruchnahme aufgrund der geplanten Nebenanlagen.

Unter Berücksichtigung der nachfolgenden gründungstechnischen Empfehlungen und Zusatzmaßnahmen ist der anstehende Baugrund für die geplante Baumaßnahme grundsätzlich geeignet.

## 5.4 Maßgebliche Bemessungsparameter für den Straßenoberbau

Die neu zu errichtende B91 wird aufgrund der Nutzung als Hauptverkehrsstraße den **Bauklasse II** nach RStO 01 zugeordnet.

Das gesamte Untersuchungsgebiet befindet sich nach der RStO 01 (Bild 6) in der **Frosteinwirkungszone II**.

### 5.4.1 Frostempfindlichkeit der Böden

Im planumsrelevanten Bereich stehen Erdstoffe/Auffüllungen an, die nach Unterlage /6/ in die Frostempfindlichkeitsklasse **F 3** (sehr frostempfindlich) einzuordnen sind.

Die abschnittsweise zwischen Bau-km 1+ 400 und 1+ 550 unterhalb des Oberbodens angetroffenen Böden der Frostempfindlichkeitsklassen **F 1 bis F2** sollten zur Bemessung des Straßenoberbaus nicht herangezogen werden, da sie in einem Bereich sehr wechselhafter Auffüllung liegen und nur punktuell nachgewiesen wurden.

### 5.4.2 Hydrologische Verhältnisse

Nach ZTVE-StB sind die hydrologischen Verhältnisse als ungünstig zu bewerten, wenn Grund- oder Schichtenwasser während der Frostperiode dauernd oder auch nur zeitweise höher als 2 m unter Planum vorkommt.

Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung wurde kein Grundwasser/Schichtenwasser im Bereich des Planums der Fahrbahn nachgewiesen (siehe auch Abschnitt 4.5).

Entsprechend Unterlage /6/ herrschten während der Erkundung **günstige hydrologische Verhältnisse**.

Dem möglichen Auftreten von Schichtenwasser oberhalb 2 m unter FOK (Bau-km 0+ 250 bis 0+ 600, Vernässung des Straßendamms durch versickerndes Niederschlagswasser) kann durch die Anlage einer hangseitigen Entwässerung vorgebeugt werden.

## 5.5 Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus

Gemäß Tabellen 6 und 7 der Unterlage /10/ muss die Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaues entsprechend der Bauklasse, Frostempfindlichkeitsklasse und der Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse dimensioniert werden.

Der Richtwert für die **Bauklasse II** und Frostempfindlichkeitsklasse **F 3** beträgt **65 cm**.

Für den Bereich **Bauanfang bis Bau-km 0+ 600** innerhalb der Ortslage Deuben ergibt sich folgende Gesamtdicke des frostsicheren Aufbaus:

Ausgangswert n. RStO-01, Tab. 6	65 cm
Mehrdicke Frostzone II	+ 5 cm
Lage der Gradiente in geschlossener Ortslage etwa in Geländehöhe	± 0 cm
Wasserverhältnisse (günstig)	± 0 cm
Ausführung der Randbereiche in geschlossener Ortslage mit teilweise wasser- durchlässigen Randbereichen sowie mit Entwässerungseinrichtungen	- 5 cm
<b>Gesamtdicke</b>	<b>65 cm</b>

~~Für den Bereich von Dammschüttungen < 2 m zwischen **Bau-km 0+ 600 und 0+ 800**, sowie **1+ 200 und Bauende** ergibt sich unter Annahme stark frostveränderlicher Dammschüttmassen bzw. einem Planum der Frostempfindlichkeitsklasse **F 3** folgende Mindestdicke:~~

Ausgangswert n. RStO-01, Tab. 6	65 cm
Mehrdicke Frostzone II	+ 5 cm
Mehrdicke bei Einschnitt / Dammlage ≤ 2 m	+ 5 cm
Wasserverhältnisse (günstig)	± 0 cm
Randbereiche (außerhalb geschlossener Ortslage)	± 0 cm
<b>Gesamtdicke</b>	<b>75 cm</b>

~~Für den Bereich der Dammschüttung > 2 m zwischen **Bau-km 0+ 800 und 1+ 100** ergibt sich unter Annahme stark frostveränderlicher Dammschüttmassen für den frostsicheren Straßen-  
aufbau folgende Mindestdicke:~~

Ausgangswert n. RStO-01, Tab. 6	65 cm
Mehrdicke Frostzone II	+ 5 cm
Wasserverhältnisse (günstig)	± 0 cm
Randbereiche (außerhalb geschlossener Ortslage)	± 0 cm
<b>Gesamtdicke</b>	<b>70 cm</b>

Der in der RStO 01 ausgewiesene standardisierte Oberbau und die Anforderungen der ZTVE - StB 94/97 (/6/) an das natürliche Gründungsplanum oder den Bodenersatz setzen an der Sohle der Frostschutzschicht einen Verformungsmodul  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  bzw. eine Proctordichte  $D_{Pr} \geq 95\%$  voraus. Um eine Tragfähigkeitserhöhung von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  im Planum auf  $E_{V2} \geq 120$

MN/m<sup>2</sup> auf der OK der Frostschutzschicht zu erhalten, muss nach Tabelle 8 der RStO das Kies–Sand–Gemisch eine Mindeststärke von 35 cm aufweisen.

## **5.6 Entwässerung**

Die Entwässerung der Fahrbahn in den nicht baulich eingegrenzten Bereichen erfolgt über die Querneigung der Fahrbahnoberfläche in die angrenzenden Nebenflächen. In den Fahrbahnabschnitten mit Bordsteineinfassungen ist die Oberflächenentwässerung über die neu zu errichtenden Entwässerungseinrichtungen zu realisieren.

Die Querneigung des Gründungsplanums für Straßen auf bindigen Böden sollte mindestens 2,5%, bei nicht verfestigten oder nicht mit Bindemitteln verbesserten Böden mindestens 4% betragen.

Sind die Strassen einseitig quergeneigt, ist auf der Seite des hochliegenden Straßenrandes das Gründungsplanum bis 1 m unter die Fahrbahn mit einem Gegengefälle auszubilden, damit im Straßenbankett versickerndes Niederschlagswasser nicht unter die Fahrbahn gelangt.

Wird das Gründungsplanum mit der geforderten Qualität hergestellt, ist es unverzüglich mit der Frostschutzschicht zu überbauen oder durch andere Schutzmaßnahmen gem. Pkt. 3.4.6 der ZTVE-StB 94 vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Liegt das Gründungsplanum über einen längeren Zeitraum offen und ist der Witterung ausgesetzt, muss vor dem Einbau der Tragschicht die geforderte Qualität nachgewiesen und ggfs. nachverdichtet werden.

Die einzelnen Dammschüttlagen sind beim Einsatz bindiger Schüttmassen mit mindestens 6% Seitengefälle herzustellen, damit Oberflächenwasser schadlos abfließen kann. Bei ungünstiger Witterung ist die oberste Schüttlage sofort zu verdichten und glatt zu walzen.

Planerische Grundsätze und allgemein gültige Lösungsvorschläge für die Entwässerung von Straßen sind in den Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung – RAS-Ew, Ausgabe 1987 (/16/) enthalten.

Bei der im Abschnitt Erneuerung vorgeschlagenen Bauweise mit vollgebundenem Oberbau auf einer Verfestigung müssen zusätzliche Maßnahmen für die Gewährleistung einer langfristigen Planumsentwässerung nach Unterlage (/16/) geplant werden. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass das in den feinkörnigen Bodenschichten unterhalb der Verfestigung sich sammelnde Wasser schadlos in die straßenbegleitenden Entwässerungseinrichtungen abgeleitet werden kann.

## 5.7 Tragfähigkeit des potentiellen Planums

### 5.7.1 Vorhandene Tragfähigkeit

#### Bauanfang und Bau-km 0+ 650

Es ist eine Planumstragfähigkeit (unterhalb des Fahrbahnkonstruktionsaufbaus) von  $E_{v2}$  erforderlich  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  notwendig.

Im vorgesehenen Erneuerungsbereich zwischen Bauanfang und Bau-km 0+ 550 war die fachgerechte Messung der Tragfähigkeit auf dem Planum bei einem vorhandenen Straßenoberbau bis 1,15 m unter FOK an den vorgegebenen Messpunkten ZEB 02 und ZEB 03 nicht möglich.

Auf Grund des Anstehens von feinkörnigen Horizonten (Lößsedimente, bindige Auffüllung) muss in diesem Abschnitt von Werten  $E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$  unterhalb der Frostschuttschicht ausgegangen werden. Bei der Neuerrichtung der Fahrbahn mit vollständigem Rückbau des bestehenden Straßenoberbaus sind Bodenverbesserungsmaßnahmen auf dem Planum der Frostschuttschicht erforderlich.

Bei einer geplanten Weiternutzung der unteren (ungebundenen) Schichten des vorhandenen Straßenoberbaues bzw. durch die Anordnung einer Verfestigung mit hydraulischen Bindemitteln unter dem vollgebundenem Oberbau mit einer Mindestdicke von 15 cm (Variante 3) ist gewährleistet, dass die Planumstragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erreicht wird.

Die im planumsrelevanten Bereich erkundeten Erdstoffe sind den Bodengruppen **TL** und **[TL]** (Lößsedimente, bindige Auffüllung) zuzuordnen. Diese Bodengruppen sind in die **Verdichtbarkeitsklassen V 3** (bindige, feinkörnige Böden) sowie in die **Bodenklassen 4** (mittelschwer lös-bare Bodenarten) einzuordnen.

#### Bau-km 0+ 650 bis 1+ 600 (Übergang in Bestand B91)

Die zu errichtenden Dämme stellen mit einer Verdichtungsanforderung von  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  hohe Anforderungen an das Gründungsplanum, die durch die anstehenden Böden ohne die Durchführung besonderer Maßnahmen nicht erreicht werden. Abschnittsweise sind besondere Sicherungsmaßnahmen in den Bruchfeldbereichen erforderlich, die mit den tragfähigkeitserhö-henden Maßnahmen kombiniert werden können.

Die im planumsrelevanten Bereich erkundeten Erdstoffe sind nahezu durchgehend den Boden-gruppen **TL** bzw. **[TL]** zuzuordnen. Diese Bodengruppen sind in die **Verdichtbarkeitsklasse V 3** (bindige, feinkörnige Böden) sowie in die **Bodenklassen 4** (mittelschwer lös-bare Bodenar-

ten) einzuordnen. In einem 150 m langen Abschnitt treten unterhalb des Oberbodens die Bodengruppen [SU] und [SU\*] auf (**Verdichtbarkeitsklasse V 1, Bodenklasse 3**).

#### **Anschluss an Bestand zwischen Bau-km 1+ 600 und Bauende**

Aufgrund der notwendigen Verbreiterung des Baukörpers wird von einem vollständigen Rückbau des Bestandes und einem anschließenden Neuaufbau ausgegangen.

Es ist eine Planumstragfähigkeit (unterhalb des Fahrbahnkonstruktionsaufbaus) von  $E_{v2}$  erforderlich  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  notwendig.

Auf Grund des Anstehens von feinkörnigen Horizonten (Lößsedimente, überbauter Oberboden) muss in diesem Abschnitt von Werten  $E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$  unterhalb der Frostschuttschicht ausgegangen werden. Es sind Bodenverbesserungsmaßnahmen auf dem Planum der Frostschuttschicht erforderlich.

Die im planumsrelevanten Bereich erkundeten Erdstoffe sind der Bodengruppen **TL** zuzuordnen. Diese Bodengruppe sind in die **Verdichtbarkeitsklassen V 3** (bindige, feinkörnige Böden) sowie in die **Bodenklassen 4** (mittelschwer lösbbare Bodenarten) einzuordnen.

#### **5.7.2 Maßnahmen zur Verbesserung des Planums**

##### **Erforderliche Planumstragfähigkeit $\geq 45 \text{ MN/m}^2$**

Nach der Aufnahme der Straßenausbaustoffe ist die Tragfähigkeit des Planums zu prüfen.

Es ist ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Planum zu gewährleisten.

Bei Messergebnissen von  $E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$  kann die erforderliche Tragfähigkeit durch das Einmischen hydraulischer Bindemittel oder durch Bodenaustausch erreicht werden.

##### 1. Bodenaustausch

In einer Dicke von 15 - 30 cm sind die anstehenden Materialien des Planums mit gut tragfähigem Frostschuttsmaterial, Betonrecycling (umweltunbedenklich) oder gleichwertigen Materialien auszutauschen. Das Baustoffgemisch ist so einzubauen und zu verdichten, dass die geforderte Tragfähigkeit  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erreicht wird. Die Realisierbarkeit der Maßnahme kann durch die freie Bemessung von ungebundenen Tragschichten nach **IVANOV** geprüft werden.

##### 2. Bodenverfestigung

Die geforderte Tragfähigkeit auf dem endgültigen Planum kann durch eine Bodenverfestigung mit einer Dicke von mindestens 15 cm erreicht werden.

Nach Unterlage /10/ ist diese Verfestigung bei Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 und ungünstigen Wasserverhältnissen bzw. bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 in der o.g. Mindestdicke ohnehin vorzusehen.

Die Bodenverbesserung mittels hydraulischer Bindemittel kann im Baumischverfahren erfolgen. Für die Ausschreibung der Bodenverbesserung wird überschlägig eine Menge von 3% Feinkalk (bezogen auf eine Trockenmasse des zu verbessernden Bodens von  $1800 \text{ kg/m}^3$ ) empfohlen. Die tatsächliche Bindemittelmenge richtet sich nach der konkreten Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Erdarbeiten und ist vor Baubeginn durch entsprechende Laboruntersuchungen zu belegen. Die Wirksamkeit der bodenverbessernden Maßnahmen sollte durch das Anlegen von Probefeldern nachgewiesen werden.

Auf die frostsichere Mindestdicke des Straßenaufbaus ist die verbesserte Gründungsschicht nicht mit anzurechnen.

#### **Erforderliche Planumstragfähigkeit $\geq 100 \text{ MN/m}^2$ (Dammplanum)**

An der Basis der Dämme ist ein Schotterpolster mit einer Schichtdicke von 1 m vorzusehen. Nach der Entfernung des humosen Oberbodens und der darunter liegenden Schichten bis 1 m Tiefe erfolgt nach einer Planumsverdichtung der Aufbau des Schotterpolsters (z.B. aus Mineralgemisch 0/56) bei lagenweiser Verdichtung auf ein  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  mit insgesamt 1 m Stärke. Dieses Schotterpolster dient gleichzeitig der Entwässerung der Dammsohle sowie abschnittsweise der Aufnahme des Geotextils (Teilsicherung über Bruchfeldern).

#### **5.7.3 Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Bereiche**

Für die Sicherung der Bruchfeldbereiche unter Einbeziehung der potentiell betroffenen Randbereiche (Bruchwinkel von  $65^\circ$  ausgehend vom Abbautiefsten) wird eine Sicherung durch den Einbau von Geokunststoffen vorgeschlagen.

Für die Sicherungsbauweise mit Geokunststoffen existieren keine deutschen Normen, anerkannte Regeln der Technik und technische Baubestimmungen (/21/). Der Einsatz, die Dimensionierung und die Bemessung unterliegen einer Vielzahl von Randbedingungen:

- maximal zulässigen Einsenkung an der Straßenoberfläche
- angestrebte Vorwarnzeit bis zur Sanierung
- verwendete Baustoffe für das Planum und den Damm
- spezifische Materialeigenschaften unterschiedlicher Produkte der verschiedenen Hersteller von Geokunststoffen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine grobe Vordimensionierung (technischer Vorschlag) zum Einsatz von Geokunststoffen vorgenommen, wobei eine Reihe von Annahmen getroffen wurde. Die Vordimensionierung stellt dabei auf Produkte der Firma Huesker ab, für die umfangreiche Unterlagen zu den unterschiedlichen Produkten vorliegen, ohne damit eine Vorauswahl in Bezug auf den Hersteller oder das spezifische Produkt treffen zu wollen. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich betont, dass andere Hersteller (siehe auch in /21/) gleichwertige Produkte anbieten, aber durchaus auch von den im Folgenden beschriebenen abweichende Lösungsansätze mit andersartigen Produkten möglich sind.

Es wird auf eine einlagige Bauweise abgestellt, die bereits in anderen Projekten mit ähnlichen Randbedingungen (siehe auch /21/) erfolgreich eingesetzt wurde.

**Allgemeine Randbedingungen:** Es wird von der Möglichkeit kreisförmiger Tagesbrüche mit Durchmessern bis 3 m ausgegangen. In den Betrachtungen wurden Überdeckungshöhen der Erdfallsicherung von 2 m bis 10 m untersucht, bei einer Verkehrslast SLW 60. Die kalkulatorische Beanspruchungsdauer beträgt 28 Tage, Ziel ist eine Teilsicherung. Für die Vordimensionierung wurde das anerkannte R.A.F.A.E.L.-Verfahren für den Lastfall 2, GZ 1B verwendet, wie es auch voraussichtlich in den neu erscheinenden Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen der DGGT stehen wird. Die zulässige Verformung an der Fahrbahnoberfläche wurde gemäß den Standardwerten „Einsenkung der Fahrbahnoberfläche  $d_s$  zu Erdfalldurchmesser  $D$ “ für Bundesstraßen mit  $d_s/D \leq 0,025$  bzw. 2,5% gewählt. Im konkreten Fall bedeutet dies eine Einsenkung von max. 7,5 cm an der Fahrbahnoberfläche. Die Überbrückung des Erdfalles ist einlagig und einaxial, dies bedeutet, dass die Bewehrungsgitter bzw. -gewebe nur in einer Richtung und einer Lage unterhalb des Straßendamms verlegt werden, aus baupraktischer Sicht ist dies die Längsrichtung.

Bereiche mit Überdeckungs- bzw. Dammhöhen von 4 m bis 10 m müssen entsprechend des technischen Vorschlages mit einem Stablenka 600/50 gesichert werden. Nur untergeordnet treten Damm- bzw. Überdeckungshöhen zwischen 3 und 4 m auf, für deren Sicherung ein Stablenka 1100/100 erforderlich ist. Bei Verlegung auf Planumsbereiche, in denen eine Bodenverbesserung mit Kalk oder Zement durchgeführt wurde, ist ein Rohstoffwechsel von Polyester auf PVA (Polyvinylalkohol) notwendig.

In den Bereichen mit sehr geringer Überdeckungshöhe bei einem Erdfalldurchmesser von 3 m müssen sehr hohe Zugfestigkeiten eingesetzt werden, um die zulässige Verformung an der Fahrbahnoberkante einzuhalten. Bei Verwendung von Polyestergeweben (wie Stablenka) wären Kurzzeitzugfestigkeiten von über 2800 kN/m notwendig.

Aufgrund der geringen Überdeckung und der damit in Verbindung stehenden Verankerungsproblematik, wird in diesem Bereich ein hochzugfestes Geogitter aus Aramid mit einer Kurzzeitzugfestigkeit von 800 kN/m empfohlen (Fortrac R800/100-10 A). Der Rohstoff Aramid ist aufgrund seiner sehr hohen Steifigkeit in der Lage, bereits bei geringer Dehnung die ausreichende Bemessungsfestigkeit bereit zustellen.

Die vorliegenden Grobdimensionierung Erdfallsicherungen wurden mit produktspezifischen Daten durchgeführt und kann nicht auf andere Produkte übertragen werden.

**Vorläufige Angaben zur bautechnischen Ausführung:** Die Bewehrung vom Typ Stablenka (Stablenka 1100/100 aus Polyester mit Kurzzeitfestigkeit von 1100 kN/m; Stablenka 600/50 aus Polyester mit Kurzzeitfestigkeit von 600 kN/m) wird in das im Abschnitt 5.7.2 empfohlene Schotterpolster im untersten Bereich des Dammkörpers eingebunden. Der Einbau erfolgt mit einer Neigung von 2 bis 4% in Richtung Dammfuß mit Hochpunkt im Bereich der Trassenachse. Bei einer Dammbreite von 40 m ergibt das in der Achse eine Überhöhung von 30 bis 60 cm. Da der Geokunststoff eine Überdeckung von 30 bis 50 cm B2-Material (z.B. Schottertragschicht 0/56) benötigt, ist ein Einbau an der Basis des vorgesehenen 1 m - Schotterpolsters möglich, mit der Annahme.

Der Einbau erfolgt in der gesamten Breite der Dammaufstandsfläche in Längsrichtung (Trassenachse). Dies entspricht bei einer Dammböschung von 1:1,5 zwar in der Breite mehr als der Fahrbahnbreite zuzüglich Lastausbreitungswinkel von 45°, sichert dagegen aber auch die Randbereiche des Dammes. Die seitliche Überlappung der einzelnen Bahnen beträgt 50 cm. Die Längsüberlappung der Bahnen in Bewehrungsrichtung ist abhängig vom Überlagerungsdruck und damit von der Dammhöhe: sie liegt zwischen 12,7 m (3 m hoher Damm), 10 m (4 m hoher Damm) und 8 m (10 m hoher Damm). Die Verankerungslänge außerhalb des Erdfallbereichs, die dem zu sichernden Bereich zuzuschlagen ist, liegt zwischen 8,3 m (3 m hoher Damm), 5,5 m (4 m hoher Damm) und 2,5 m (10 m hoher Damm). Die Standard-Rollenmaße liegen bei 5 m x 100 m für Stablenka 1100/100 und 5 m x 200 m für Stablenka 600/50. Mit zehn nebeneinander ausgelegten Bahnen lässt sich demnach ein Damm von 45 m Breite sichern (Teilsicherung).

Das für Bereiche mit geringen Dammhöhen (< 3 m) vorgeschlagene Geogitter aus Aramid (Fortrac R800/100-10 A) wird in ähnlicher Weise verlegt. Für die Funktionssicherheit ausschlaggebend ist die zwingend einzuhaltende Mindestüberdeckung von 2 m.

In Bereichen mit geringeren Dammhöhen oder Geländegleiche sind deshalb Erdbaumaßnahmen (Bodenaustausch mit Einbau eines Schotterpolsters) zur Schaffung eines Planums für das Geogitter und zur Herstellung der erforderlichen Überdeckung erforderlich. Die Verankerungs-

länge außerhalb des zu sichernden Erdfallbereiches beträgt 12 m, die Überlappungslänge in Bewehrungsrichtung beträgt 16,5 m. Das Standard-Rollenmaß für Fortrac-Produkte liegt bei 5 m Rollenbreite und 100 bis 200 m Rollenlänge.

Aus der Vordimensionierung ergeben sich bei den genannten Randbedingungen die folgenden Trassenabschnitte:

Station	Länge	Typ des Geokunststoffs	Dammhöhe in Trassenachse	Dammbreite
0+700 bis 0+850	150 m*	Fortrac R800/100-10 A	1,1 m bis 3,0 m (sowie 20 m mit 3-4 m)	15 m bis 25 m Knotenpunkt mit ca. 60 m Durchmesser
0+850 bis 1+030	180 m	Stabilenka 600/50	4,0 m bis 9,5 m	25 m bis 45 m
1+200 bis 1+600	400 m*	Fortrac R800/100-10 A	1,8 m bis 0,0 m	17 m bis 22 m
Knotenpunkt - Anschluss MIBRAG	200 m*	Fortrac R800/100-10 A	< 2,0 bis 0,0 m	11 m bis 20 m
Knotenpunkt - Anschluss Naundorf	60 m*	Fortrac R800/100-10 A	< 2,0 bis 0,0 m	11 m bis 19 m

\* abschnittsweise mit zusätzlichen Erdbaumaßnahmen aufgrund der notwendigen Mindestüberdeckung

**Tabelle 38** Trassenabschnitte mit Tagesbruchsicherung mittels Geotextil (Teilsicherung)

## 5.8 Einschnitte

Die Gradiente verläuft mehrheitlich in Dammlage, örtlich geländegleich. Die Herstellung von Einschnitten ist nicht vorgesehen.

### 5.8.1 Bauverdrängungsmassen

Aufgrund der Herstellung eines 1 m - Polsters an der Basis der Dammschüttungen und zusätzlicher Erdbaumaßnahmen im Rahmen der Teilsicherung gegen Tagesbrüche durch Geotextil (Mindestüberdeckung 2 m) fallen im Zuge des Bodenaustausches jedoch Bauverdrängungsmassen an, die über den üblichen Oberbodenabtrag hinausgehen.

Abschnitt	Länge	Breite	Aufschlüsse	Abtragstiefe	Mächtigkeit Oberboden	weitere Bodenarten
0+650 / 0+700	50 m	15 m	RKS 05	1 m	0 - 0,3 m	Straßenausbaustoffe Auffüllung bindig [TL] feink.-bindiger Boden TL
0+700 / 0+900	200 m	18 - 34 m sowie Knotenpunkt	KB 06 RKS 07	1 m	0,4 - 0,7 m	feink.-bindiger Boden TL Straßenausbaustoffe
0+900 / 1+100	200 m	35 - 45 m	KB 08 KB 10	1 m	0,2 - 1,5 m*	Auffüllung bindig [TL]
1+200 / 1+400	200 m	22 - 20 m	KB 13/17 RKS 14	1 m	0,3 - 1,0 m (Ø 0,5 m)	Auffüllung bindig [TL]
1+400 / 1+500	100 m	20 m	RKS16 KB 17	1 m	0,3 – 0,6 m	Auffüllung rollig [SU]-[SU*] Auffüllung bindig [TL]
1+500 / 1+600	100 m	20 - 17 m	KB 17 RKS 18	1 - 2 m	0,3 – 0,5 m	Auffüllung bindig [TL] feink.-bindiger Boden TL Auffüllung rollig [SU]-[SU*]
Knotenpunkt - Anschluss MIBRAG	200 m	11 - 20 m	KB 23 RKS 24 RKS 25	1 - 2 m	0,6 m	feink.-bindiger Boden TL Straßenausbaustoffe
Knotenpunkt - Anschluss Naundorf	60 - 100 m	11 - 19 m	KB 06	1 - 2 m	0,4 m	feink.-bindiger Boden TL Straßenausbaustoffe

\* in KB 10 lokal angetroffene Mächtigkeit von 1,5 m humoser Auffüllung (aufgefüllter Mutterboden) sollte baugleichend präzisiert werden. Es wird von einer Abtragmächtigkeit von 1 m ausgegangen.

**Tabelle 39** Abtragstiefen in Abschnitten mit Bodenaustausch

Der humose Oberboden ist separat abzutragen und in Mieten zu lagern. Er kann für Rekultivierungszecke genutzt werden.

Der feinkörnig bindige Boden TL und die Auffüllung aus natürlichen feinkörnig-bindigen Böden [TL] ist, sofern keine schädlichen Verunreinigungen enthalten sind, nach DIN 18196, Tabelle 5, für die Verwendung als Baustoff für Straßendämme nur als „mäßig brauchbar“ anzusehen. Insbesondere die Verdichtungsfähigkeit und das Setzungsverhalten sind bei höheren Bauwerken als problematisch anzusehen.

Von einem Wiedereinbau bei den Erdbauwerken ab 3 m Höhe mit entsprechenden Standsicherheits- und Setzungsanforderungen wird deshalb seitens des Gutachters abgeraten. Eine Verwendung bei Mischung mit anderen Bodenarten ist bauseits vor Verwendung zu prüfen.

Die nur in begrenztem Umfang anfallenden gemischt- bis grobkörnigen Bodenarten (Auffüllung [SU]-[SU\*]) können prinzipiell als Dammbaustoff Verwendung finden. Da es sich aber um nicht zertifizierte Baustoffe mit wechselnder Zusammensetzung handelt, ist ihr Einsatz nur in unkritischen Bereichen, z.B. in Erdbauwerken < 3 m Höhe bei kritischer Prüfung der erreichten Verdichtung zu planen.

## **5.9 Dämme**

Für eine Regelneigung von 1:1,5 (33,7°) müssen, um eine ausreichende Standsicherheit zu gewährleisten, rollige Böden im eingebauten Zustand einem Reibungswinkel von  $\varphi' \geq 40,0^\circ$  oder bindige Böden durchgehend eine dauerhaft wirksame Kohäsion  $c'$  von  $\geq 15 \text{ kN/m}^2$  bei einem Reibungswinkel  $\varphi' \geq 32,5^\circ$  aufweisen. Zur Ermittlung dieser bodenmechanischen Kennwerte wurden Standsicherheitsberechnungen an den Profilen 0+ 934, 1+ 009 und 1+ 095 durchgeführt, um die gegebenen geotechnischen Randbedingungen des Baugrundes zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 5.10 Erdstatische Nachweise).

Die bodenmechanischen Kennwerte für den Dammbaustoff sind im Vorfeld durch Laborversuche nachzuweisen. Alternativ können hier Stützkonstruktionen nach dem Prinzip der bewehrten Erde eingesetzt werden.

Die Materialkennwerte des Dammkörpers wurden für bindiges und nichtbindiges Material nachgewiesen. Die Kennwerte wurden dabei iterativ ermittelt und sind von der herstellenden Baufirma anhand von Laborversuchen nachzuweisen. Bei Ansatz von anderen Bodenkennwerten ist der Standsicherheitsnachweis zu erbringen.

Der Einbau für den Dammkörper ist eben bzw. abgestuft auszuführen. Die Einbaustärken sind den einzubauenden Böden anzupassen und sollten maximal 0,5 m betragen. Es wird der Aufbau von Probefeldern unterschiedlicher Einbauhöhen empfohlen. In der folgenden Tabelle sind die einzuhaltenden Verdichtungsanforderungen entsprechend der einzubauenden Böden enthalten.

Ordinate	Material nach DIN 18196	$E_{V2}$ in MN/m <sup>2</sup>	$E_{V2} / E_{V1}$	$D_{Pr}$ in %
bis 0,5 m unter Straßenplanum	GW / GI (z.B. Mineralgemisch 0/56)	OK $\geq$ 120	$\leq$ 2,2	103
von 0,5 m unter Straßenplanum bis 0,5 m über Dammsohle	SE, SU, SI, SW, GE, GU, GW, GI	$\geq$ 80	$\leq$ 2,5	98
0,5 m bis Dammsohle Ausgleichs- und Entwässerungsschicht	GW / GI (z.B. Mineralgemisch 0/56)	$\geq$ 80	$\leq$ 2,5	98
Planum auf 1 m - Polster	siehe Abschnitt 5.7.2	OK $\geq$ 100	$\leq$ 2,5	98

**Tabelle 40** Dammaufbau und Verdichtung bei Dämmen ab 3 m Höhe

Bei den Straßendämmen mit einer geringeren Höhe bis zu 3 m wird vorgeschlagen, die folgenden Verdichtungsanforderungen einzuhalten.

Ordinate	Material nach DIN 18196	$E_{V2}$ in MN/m <sup>2</sup>	$E_{V2} / E_{V1}$	$D_{Pr}$ in %
bis 0,5 m unter Straßenplanum	GW / GI (z.B. Mineralgemisch 0/56)	OK $\geq$ 120	$\leq$ 2,2	103
von 0,5 m unter Straßenplanum bis 0,5 m über Dammsohle	SE, SU, SI, SW, ST, SU*, ST*, GE, GU, GT, GW, GI, GU*, GT*, UL, TL, UM, TM	$\geq$ 45	$\leq$ 2,5	95
0,5 m bis Dammsohle Ausgleichs- und Entwässerungsschicht	GW / GI (z.B. Mineralgemisch 0/56)	$\geq$ 80	$\leq$ 2,5	98
Planum auf 1 m - Polster	siehe Abschnitt 5.7.2	OK $\geq$ 100	$\leq$ 2,5	98

**Tabelle 41** Dammaufbau und Verdichtung bei Dämmen bis 3 m Höhe

Auch bei einem ordnungsgemäßen Einbau der vorgenannten Materialien ist mit einer Eigensetzung des Dammes von 1 cm je Meter Dammhöhe zu rechnen.

Im Zuge der Prüfung der bodenmechanischen Parameter der einzubauenden Böden sind die erforderlichen Standsicherheitsnachweise zu erbringen.

Bei geneigtem Untergrund sollte die Gleitsicherheit des Dammkörpers nachgewiesen werden. Vorteilhafter ist es, das Planum für den Damm in Ebenen terrassenförmig aufzubauen, was wiederum auch bautechnisch die Herstellung eines tragfähigen Dammpfanums erleichtert.

Entwässerungsmaßnahmen werden für den Dammbau wegen des flurfernen Grundwassers nicht erforderlich. Es kann allerdings im Starkniederschlagsfall dazu kommen, dass im

Dammpfanum Wasser ansteht. In diesem Fall dürfen keine Erdarbeiten erfolgen, bevor die Fläche abgetrocknet ist.

Der aufzubauende Damm ist so zu konstruieren, dass in der Sohle eine durchlässige Schicht ansteht, die auch bei einer Dammlage am Hang das Aufstauen von Niederschlagwasser verhindert. Bei großen, in Richtung Damm entwässernden Flächen ist ggf. an der Dammsohle ein Durchlass vorzusehen.

Damit es zu keiner Vernässung am Böschungsfuß kommt, die insbesondere bei dort anstehendem Löß oder Lößlehm mit hohem Porenanteil zu Stabilitätsverlust durch Aufweichen führen kann, ist auch eine Fußentwässerung vorzusehen. Diese ist so zu planen, dass sie auch im Starkregenfall das von der Straße und der Böschungfläche anfallende Wasser abfängt.

In diesem Zusammenhang ist noch zu bemerken, dass ein schneller Bewuchs der Böschungen anzustreben ist, um Erosionserscheinungen zu begegnen. Hier sollten, um von Anfang an die Erosion einzuschränken, vernagelte bewuchsfördernde Matten eingesetzt werden. Trotzdem können bei der Hangfläche Erosionserscheinungen bis zum vollständig ausgebildeten Bewuchs nicht ausgeschlossen werden. Es wird deshalb für diesen Zeitraum eine regelmäßige Kontrolle mit umgehender Beseitigung von Erosionsrinnen empfohlen.

## 5.10 Erdstatische Nachweise

### 5.10.1 Verformungen (Setzungsprognose)

#### Modellbildung

Zur Ermittlung von zu erwartenden Setzungen und Setzungsunterschieden bei den Dammschüttungen wurden für die folgenden Querschnitte 0+ 934, 1+ 009, 1+ 095 und 1+ 259 überschlägige Setzungsberechnungen durchgeführt. Die Berechnungen erfolgten mit dem Programm GGU SETTLE /48/.

Der Dammkörper wurde für die Simulation in folgende 5 Lastbereiche unterteilt:

- Bö 1 (linke Böschung)
- Rand 1 (linker Randstreifen)
- Fahrbahn
- Rand 2 (rechter Randstreifen)
- Bö 2 (rechte Böschung)

Für die Setzungsermittlung wurde der Damm als Fundament simuliert. Die Einbindetiefe wurde mit 0,50 m gewählt. Darunter wurde ein Polster von 0,50 m (Bodenaustausch) angesetzt (Gesamtmächtigkeit des Polsters 1 m). Für dieses Polster wurde bei einer Wichte von 20 kN/m<sup>3</sup> ein Steifemodul von 45 MN/m<sup>2</sup> für die Erstbelastung und 60 MN/m<sup>2</sup> für die Zweitbelastung angesetzt. Für die Baugrundsichten wurden die Kennwerten aus Tabelle 24 verwendet.

Die Lasten der einzelnen Dammkörper wurden aus dem Eigengewicht ( $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ) und den Verkehrsbelastungen für den Randstreifen mit 2,5 kN/m<sup>2</sup> und für die Fahrbahn von 33,3 kN/m<sup>2</sup> ermittelt.

Es wurde jeweils ein 26 m langer Dammabschnitt betrachtet. Die Ermittlung der Setzungen erfolgte an den Fundamentecken.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Setzungsberechnungen sind in den Anlagen 9.1 – 9.4 als Text und als flächenhafte Verteilung mittels Isolinien graphisch dargestellt sowie in untenstehender 3 zusammengefasst.

Profil / Dammhöhe	Setzungen in cm			
	Fahrbahn	Böschungsschulter	Böschungsfuß	Anlage Nr.
0+934 / 7,2 m	60	54	14	9.1
1+009 / 9,4 m	68	63	12	9.2
1+095 / 9,9 m	28	26	6	9.3
1+259 / 1,7 m	15	12	8	9.4

**Tabelle 42** Ermittelte Setzungsbeträge

Die deutlichen Setzungsdifferenzen spiegeln die Untergrundverhältnisse mit Böden unterschiedlichster Konsistenz wider. Weiterhin ist mit Setzungen an der Dammkrone von ca. 1 cm je Dammhöhenmeter aus dem Dammkörper zu rechnen.

Zur Minimierung und Vergleichmäßigung der Setzungen können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Kalkstabilisierung des bindigen Erdplanums, dadurch wird eine erhöhte Tragfähigkeit des Untergrundes und eine geringere Wasserempfindlichkeit erzielt
- Herstellung eines Geogitterbewehrten Gründungskörpers, dieses verteilt die auftretenden Lasten auf eine größere Fläche und bewirkt eine Vergleichmäßigung der Setzung. Für längere Abschnitte ist ein solcher Gründungskörper bereits im Zuge der Teilsicherung gegenüber Tagesbrüchen (Bruchfelder) vorgeschlagen worden.
- Herstellung der Dämme mit anschließender Standzeit von mindestens 6 Monaten, damit werden ca. 60 % der zu erwartenden Setzungen abklingen. Setzungsdifferenzen aufgrund von Schichtwechsellern werden damit ausgeglichen.
- Im Bereich der Brückenbauwerke wird zur Minimierung der Setzungsdifferenzen der Einsatz von Rüttelstopfsäulen oder Geopier Bohrrammsäulen vorgeschlagen. Für die anderen Dammbereiche wird der Einsatz dieser Verfahren nicht vorgeschlagen, da aufgrund von Altbergbaugeschädigungen eine Bewehrung des Gründungskörpers mittels Geogitter vorgesehen ist und der Einsatz beider Verfahren nicht sinnvoll erscheint.

Eine genauere Setzungsprognose /-berechnung ist im Zuge der Planung unter Berücksichtigung der Bautechnologie, der Bauzeit und der einzusetzenden bodenverbessernden Maßnahmen möglich und sinnvoll.

### **5.10.2 Standsicherheit**

Um die bodenmechanischen Kennwerte für die Regelneigung des Dammes von 1:1,5 (33,7°) zu bestimmen wurden an den Profilen 0+ 934, 1+ 009, 1+ 095 Standsicherheitsberechnungen durchgeführt.

Für die Nachweise der Böschungsstandsicherheit wird davon ausgegangen, dass ein Bodenaustausch unterhalb der Dammsohle mit mindestens 1,0 m Mächtigkeit erfolgt.

Für den bestehenden Damm zwischen Bau-km 0+ 300 und 0+ 650 wurde der Schnitt bei Station 0+569 auf Standsicherheit überprüft.

Für die Standsicherheitsuntersuchungen wurde das Programm GGU Stability /49/ verwendet. Die Berechnungen erfolgen nach DIN 4084, Stand 01-2009, Grenzzustand 1C.

### **Lastannahmen und verwendete Kennwerte**

Für die Standsicherheitsberechnung wurden die geotechnischen Kennwerte aus Tabelle 24 verwendet.

Die Lastannahmen erfolgen entsprechend DIN-Fachbericht 101 (März 2003). Für das Regelprofil RQ 15,5 wird das Lastmodell 1 (Hauptlastmodell) berücksichtigt. Somit erfolgt folgender Lastansatz für die Fahrstreifen:

Fahrstreifen 1, Breite 3,75 m	41,0 kN/m <sup>2</sup>
Fahrstreifen 2, Breite 3,25 m	23,8 kN/m <sup>2</sup>
Fahrstreifen 3 und Randstreifen	2,5 kN/m <sup>2</sup>

Für das Berechnungsprofil 0+ 569 (bestehender Damm) wurden die Verkehrslasten entsprechend DIN Fachbericht 101 für die Fahrstreifen 1 und 2 angesetzt. Da in diesem Querprofil die Scherparameter direkt bestimmt wurden werden hier diese Werte (siehe Anlage 4.5) eingesetzt.

Die Standsicherheit der Böschungsoberfläche (oberster 0,5 m) ist nicht Bestandteil der Berechnung. Die erforderliche Stabilität ist durch geeignete Maßnahmen wie tief wurzelnde Gräser und Sträucher mit anfänglicher Unterstützung durch Erosionsschuttmatten herzustellen.

### Berechnungsergebnisse

Die Standsicherheitsnachweise des Dammes sind in den Anlagen 10.1 bis 10.7 enthalten.

Die ermittelten Standsicherheiten (Ausnutzungsgrade, erforderlich  $< 1$ ) wurden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Profil	Ausnutzungsgrad $\mu$	Anlage
St. 0+934, nichtbindiger Dammkörper	$0,91 < 1$	10.1
St. 0+934, bindiger Dammkörper	$1,0 \leq 1$	10.2
St. 1+009, nichtbindiger Dammkörper	$0,95 < 1$	10.3
St. 1+009, bindiger Dammkörper	$0,93 < 1$	10.4
St. 1+095, nichtbindiger Dammkörper	$0,81 < 1$	10.5
St. 1+095, bindiger Dammkörper	$0,96 < 1$	10.6
St. 0+569, bestehender Damm	$0,97 < 1$	10.7

**Tabelle 43** Ergebnisse der Standsicherheitsberechnung bezüglich Böschungsbruchs

Mittels der Standsicherheitsnachweise wurden die folgenden Materialkennwerte des Dammkörpers iterativ ermittelt:

- nichtbindige Böden mit einem Reibungswinkel von  $\varphi' \geq 40,0^\circ$ .
- bindige Böden mit einer dauerhaft wirksamen Kohäsion  $c'$  von  $\geq 15 \text{ kN/m}^2$  bei einem Reibungswinkel  $\varphi' \geq 32^\circ$ .

Bei Ansatz von anderen Bodenkennwerten ist der Standsicherheitsnachweis zu erbringen.

Bei dem bestehenden Damm bei St. 0+569 zeigt sich, dass dieser eine noch ausreichende Standfestigkeit aufweist. Der ermittelte Ausnutzungsgrad befindet sich nahe am Grenzgleichgewicht, d. H. bei geringen Schwankungen innerhalb der Kennwerte nach unten ist die Sicherheit nicht mehr gegeben. Die beobachteten Rinnenbildungen können somit auf Setzungen innerhalb des aufgeweichten Dammkörpers zurückzuführen sein.

## 5.11 Ingenieurbauwerke

Eine Flächengründung für das geplante Brückenbauwerk ist vorbehaltlich noch erfolgender Detailerkundungen in den anstehenden Böden möglich, soweit diese eine mindestens steife Konsistenz aufweisen. Für die Dimensionierung einer Flächengründung können die folgenden Sohldrücke angesetzt werden.

Gründung im bindigen Baugrund						
aufnehmbarer Sohldruck $\delta_{zul}$ in kN/m <sup>2</sup> für Streifenfundamente mit Breiten 0,5 m bis 2,0 m und einer Konsistenz:						
Bodenart TL	Baugrundschiicht S3 Baugrundschiicht S6 steif		Baugrundschiicht S4 Baugrundschiicht S7 halbfest		Baugrundschiicht S4 Baugrundschiicht S7 fest	
Einbindetiefe	≤ 2 m	5 m	≤ 2 m	5 m	≤ 2 m	5 m
Fundament- breite						
0,5 m	120	84	170	119	280	196
1,0 m	140	98	210	147	320	224
1,5 m	160	112	250	175	360	252
2,0 m	180	126	280	196	400	280

**Tabelle 44** Aufnehmbare Sohldrücke für die Baugrundschiichten S3 / S6 und S4 / S7

Sind die Bauwerkslasten größer als in obenstehender Tabelle 44 angegeben wird eine alternative Gründung mittels Kleinbohrpfählen oder auf einem bewehrten Gründungspolster empfohlen. Zusätzlich wird eine Bodenverbesserung durch Kalkung empfohlen.

Aufgrund der Wechselhaftigkeit der Schichten wird die Durchführung von Setzungsberechnungen empfohlen.

Für Kleinbohrpfähle können die folgenden Werte für die Pfahlmantelreibung angesetzt werden.

Baugrund- schicht	Bodenart	Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ in MN/m <sup>2</sup>
S2	Schluff, weich	0
S3	Schluff, steif	0,1
S4	Schluff, halbfest - fest	0,12
S6	Sand stark schluffig, steif	0,15

**Tabelle 45** Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung bei Kleinbohrpfählen

## Großbohrpfähle

Die Baugrundsichten S2, S3 und S6 können nicht berücksichtigt werden, da in diesen Schichten  $q_c < 10 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $c_{u,k} < 0,1 \text{ MN/m}^2$  ist.

In der nachfolgenden Tabelle ist der charakteristische Pfahlsitzenwiderstand für Bohrpfähle der Durchmesser 0,30 m - 3,0 m entsprechend DIN 1054 (2003) Tabelle B.2 dargestellt.

Bezogene Pfahlkopf- setzung $s/D_s$ bzw. $s/D_b$	Pfählsitzenwiderstand $q_{b,k}$ in $\text{MN/m}^2$		
	Bei einer Scherfestigkeit $c_{u,k}$ des undränierten Bodens $c_{u,k}$ in $\text{MN/m}^2$		
	0,1	0,2	Schicht 4 mit 0,17
0,02	0,35	0,90	0,73
0,03	0,45	1,10	0,90
0,1 ( $\equiv s_g$ )	0,8	1,50	1,29

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden. Bei Bohrpfählen mit Fußverbreiterung sind die Werte auf 75 % abzumindern.

**Tabelle 46** Pfahlsitzenwiderstand  $q_{b,k}$  für bindige Böden Charakteristische

Für die Baugrundsicht S4 kann ein Bruchwert der Mantelreibung von  $q_{s,k} = 0,054 \text{ MN/m}^2$  angegeben werden.

## 6 Dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser

### 6.1 Wasserdurchlässigkeit der Böden

Auftragsgemäß wurden keine Auffüll- und Absenkversuche in situ durchgeführt.

Die oberflächlich anstehenden natürlichen Böden der Baugrundsichten S2 bis S4 weisen eine Durchlässigkeit zwischen  $k_f$   $1,1 \cdot 10^{-8}$  bis  $1,4 \cdot 10^{-9}$  m/s auf (2 Messwerte, 10 Rechenwerte aus Kornverteilung). Sie sind somit schwach durchlässig und nach Unterlage /13/ zur Versickerung nicht geeignet.

In Bereichen der Auffüllung existieren zwar oberflächennah Schichten höherer Durchlässigkeit, diese sind aber geringmächtig und unregelmäßig verbreitet. Zudem ist aufgrund ihrer Lage in Bereichen intensiven Altbergbaus eine Genehmigungsfähigkeit der Versickerung nicht gegeben.

Die Versickerung von Niederschlagswasser ist somit im Bereich der Erkundungsstrecke nicht möglich.

### 6.2 Bemessungsgrundlagen

- entfällt -

### 6.3 Vorschläge zur Bauausführung

- entfällt -

## 7 Bautechnische Hinweise

### 7.1 Böschungen / Baugruben / Leitungsgräben

Die erforderlichen Leitungsgräben können unverbaut mit folgenden Böschungswinkeln erstellt werden:

Auffüllungen	$\beta = 45^\circ$ ,
feinkörnig, bindige Bodenarten mindestens steifer Konsistenz	$\beta = 60^\circ$ .

Es sind die Angaben der DIN 4123 und DIN 4124 zu beachten.

Die Auffüllungen und feinkörnigen Horizonte unter Einfluss von unterirdischem Wasser (grund- und Schichtwasser) sind auch über geringe Wandhöhen und kurze Zeiträume nicht standsicher.

Für Rohrgräben im Fahrbahnbereich und in den Ortslagen, wo im Nahbereich notwendiger Aufschachtungen lokal Hochbauten vorhanden sein können, sind Senkrechtschachtungen bis  $t = 1,25$  m nicht zulässig!

Bei weichen Böden oder bei **Grundwassereinfluss** ist grundsätzlich auf mind.  $45^\circ$  abzuflachen. Die feinkörnig-bindigen Bodenarten (überwiegend Lössedimente) neigen in Böschungen unter Wassereinfluss zum Fließen (Bodenklasse 2).

Im Bereich der Ortslagen und bestehender Verkehrswege sind in der Auffüllung Hindernisse in Form von Bauschutt, Steinen und Blöcken möglich. Im Bereich der B91 Bestand wurde nahezu durchgehend im Straßenoberbau Natursteinpflaster und unterlagernd Magerbeton bis in eine Tiefe von 1,05 m unter FOK festgestellt.

Die Auffüllungen über den Bruchfeldern südlich der MIBRAG-Bahn bestehen aus verkippten Abraummassen benachbarter Tagebaue (natürliche Böden: vornehmlich Lössedimente, Geschiebemergel und Sand). Hindernisse wie Bauschutt, Steine oder Blöcken wurden in diesem Abschnitt während der Erkundung nicht festgestellt.

Im Bereich des oberflächennah anstehenden Geschiebemergels (Bau-km 1+ 050 BIS 1+ 2009) können Hindernisse in Form von Steinen und Blöcken auftreten. Während der Erkundungsarbeiten wurden Steine in Bohrung KB 08 in 10 m Tiefe und Blöcke (Sandstein) in KB 13 in 14 m

Tiefe aufgefunden. Im Übrigen ist der Geschiebemergel gering bis mäßig geschiebeführend mit Geschieben zwischen Fein- und Grobkiesgröße.

Folgende Verbauarten für Rohrgräben (ohne bzw. mit Grundwassereinfluss) werden empfohlen: geeigneter Normverbau oder Trägerbohlwandverbau.

Erläuterungen zum Baugrubenverbau:

Grundsätzlich sind die Angaben und Bodenaushubgrenzen der DIN 4123/4124 exakt zu beachten. Im Zweifelsfall ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

In Bereichen direkt angrenzender, nicht unterkellelter Bebauung sowie bei Baugruben mit  $t > 5,0$  m muss ein verformungsarmer Verbau realisiert werden. Nach DIN 4124 gelten als verformungsarme Verbauarten:

- Spundwandverbau,
- Trägerbohlwandverbau,
- Massive Verbauarten (Schlitzwände, Pfahlwände, Bodenverfestigung durch Injektionen).

Bei einer dauerhaften Entwässerung der Baugrube durch eine geschlossene Wasserhaltung ist der Einsatz eines Trägerbohlwandverbaus als kostengünstigste Variante möglich. Die Notwendigkeit einer Rückverankerung ergibt sich aus den konkreten erdstatischen Verhältnissen und ist bauseits zu prüfen. Gleiches gilt für die Gründungsverhältnisse angrenzender Bebauung und den Ansatz von Verkehrslasten.

Zur Sicherstellung des Merkmals „verformungsarm“ muss neben einer erdstatisch fundierten Bemessung (bei direkt angrenzender, nicht unterkellelter Bebauung auf erhöhten Erddruck) auch die fachtechnisch richtige Ausführung (bauwerksverträgliches Einbringverfahren für Träger- bzw. Spundbohlen, sofortiges Verfüllen von Hohlräumen zwischen Verbau und Baugrubenwand, ausreichend dimensionierte Aussteifung bzw. ggf. Rückverankerung) gewährleistet sein.

Für Rohrgräben mit einem Abstand  $l \geq 2,0$  m zu unterkellerten Hochbauten und außerhalb des Grundwassereinflusses bzw. mit begleitender geschlossener Wasserhaltung kann ein Normverbau nach DIN 4124 realisiert werden.

Bei der Wahl des „Normverbau“ ist die geringe Standfestigkeit der Auffüllungen/feinkörnigen Böden zu berücksichtigen. Aus geotechnischer Sicht sind für diese Baubereiche folgende Verbauarten geeignet:

- senkrechter Normverbau:
  - Kanaldielen,
  - großflächige Verbauplatten.

Für alle Verbauarten, welche nicht als Normverbau im Sinne der DIN 4124 gelten, sind bauseits folgende Nachweise vorzulegen:

- Standsicherheitsnachweis für den ungünstigsten Bauzustand unter Ansatz der dargelegten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie aller relevanten und tatsächlich vorhandenen Bauwerks- und Verkehrslasten.

Für Sondervorschläge zum Verbau maschinell ausgehobener Gräben mittels Hilfsgeräten (z.B. Gleitschienen- oder Dielenkammerverbau) müssen zusätzlich folgende Nachweise vorgelegt werden:

- Zulassung/Bauartprüfung des Fachausschusses Tiefbau der Berufsgenossenschaften,
- Nachweis der Gleichwertigkeit gegenüber planungsseitig ausgewählten Verbauarten,
- Nachweis der Eignung als „verformungsarmer“ Verbau im Sinne der DIN 4124.

Im Nahbereich vorhandener Bebauung sollen die Träger für den Trägerbohl- oder Gleitschienenverbau in vorgebohrte Löcher eingestellt werden.

Auf die Notwendigkeit einer bautechnischen Beweissicherung im Vorfeld möglicher Ramm- und Bohrarbeiten wird verwiesen.

## **7.2 Schutz des Planums**

Die Planumserdstoffe sind während der Baumaßnahme entsprechend Unterlage /6/ zu schützen. Schädliche Auswirkungen durch Befahren oder das ungeschützte Liegenbleiben über eine längere Periode müssen verhindert werden.

Der Bauablauf ist so zu organisieren, dass das Planum nur kurzfristig der Witterung ausgesetzt ist. Eine zeitnahe Überbauung mit den geplanten Oberbauschichten bzw. Dammbaustoffen ist sicherzustellen.

### 7.3 Wasserhaltung

Für alle Erdarbeiten ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten und bei Bedarf zu betreiben. Der maximale Absenkbetrag für offene Wasserhaltungen beträgt  $h = 0,2$  m.

Für größere Absenkbeträge müssen eine geschlossene Wasserhaltung o.a. geeignete Maßnahmen eingesetzt werden.

In den Ausschreibungsunterlagen sollten folgende Wasserhaltungsarbeiten berücksichtigt werden:

- Für die gesamte Baumaßnahme: Offene Wasserhaltung mit Pumpensumpf und Auflastfilter im Grabenbereich für alle Baumaßnahmen vorhalten und bei Bedarf abschnittsweise betreiben. Maximal zulässige Absenkhöhe  $s \leq 0,2$  m.
- Für Grundwasserabsenkungen mit  $s \geq 0,2$  m: Geschlossene Wasserhaltung mittels vakuumbeaufschlagter Spülfilter.
- Für tiefere Rohrgräben/Baugruben: Bei Bedarf abschnittsweise, wasserdichte Umschließung des Rohrgrabens/der Baugrube mit Spundbohlen/Kanaldielen entsprechend der erdstatischen Erfordernisse, bis in dichte Bodenschichten. Offene Wasserhaltung mit Pumpensumpf und Auflastfilter im Spundwandkasten.

Die Auftriebssicherheit ist für alle Rohrleitungen und einliegenden Bauwerke für jeden Bauzustand zu gewährleisten!

### 7.4 Verlegung von Rohrleitungen

#### 7.4.1 Rohrbettung

Die Eignung der Böden zur Rohrbettung wird wie folgt beurteilt:

Schicht Nr.	Bodenart	Bettungstyp DIN EN 1610	Rohrbettung	Bodenverbesserung
S0-3 S0-4	Auffüllung, bindig	Typ 1	nicht geeignet	Bodenaustausch 20 cm Sandbettung
S0-2	Auffüllung, rollig	Typ 1	geeignet	- (Verdichtung beachten)
S2, S3, S4	feinkörnig-bindige Böden	Typ 1	nicht geeignet	Bodenaustausch 20 cm Sandbettung

**Tabelle 47** Rohrbettung/Bodenverbesserung

Im gesamten Trassenbereich sind oberflächennah und tiefreichend weiche Bodenschichten verbreitet. Hier wird generell auf eine Sandbettung ( $d = 20 \text{ cm}$ ) orientiert.

Die Bodenklassen nach DIN 18 300, die Bodengruppen nach ATV A 127 sowie die Verdichtbarkeitsklassen nach ZTV A-StB 97/06 können Abschnitt 4.3.2 entnommen werden. Die geplante Solltiefe der Gräben darf beim Aushub nicht unterschritten werden. Eine Auflockerung des anstehenden Bodens ist zu verhindern. Die Grabensohle ist anderenfalls mit geeigneten Geräten nachzuverdichten.

Die Rohrbettung ist so auszubilden, dass je nach Rohrart unzulässige Längsbiegungen sowie punkt- und linienförmige Auflagerungen vermieden werden.

#### 7.4.2 Verfüllung der Leitungsgräben

Die Einbaufähigkeit der Böden ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Schicht Nr.	Bodenart	Leitungszone	Verfüllzone	
			innerhalb von Verkehrsflächen	außerhalb von Verkehrsflächen
S0-3 S0-4	Auffüllung, bindig	nicht geeignet	nicht geeignet	bedingt geeignet
S0-2	Auffüllung, rollig	geeignet	geeignet	geeignet
S2	feinkörnig-bindiger Boden, weich	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
S3, S4	feinkörnig-bindiger Boden, steif bis fest	überwiegend nicht geeignet	nicht geeignet	bedingt geeignet

**Tabelle 48** Einbaufähigkeit der Aushubböden

In der Leitungszone kann Fremdmaterial eingebaut werden.

Die Aushubmassen sind gemäß DIN 18 300 einzubauen und zu verdichten. Weiche oder aufgeweichte Erdstoffe dürfen nicht wieder eingebaut werden.

Die Schüttlagen sollten in der Leitungszone  $d = 15 - 25 \text{ cm}$  und oberhalb  $d = 20 - 40 \text{ cm}$  nicht überschreiten.

Bei Leitungsgräben innerhalb von Straßenkörpern gelten bei den anstehenden Bodenarten folgende Verdichtungsgrade:

Leitungszone:  $D_{Pr} \geq 97 \%$ ,

Verfüllzone:  $D_{Pr}$  gemäß ZTVA-StB 97.

Allgemein wird auf die Ausführungen der ZTV A-StB 97/06, der ZTVE-StB 94/97 und des ATV A 127 verwiesen. Die Bestimmung der zulässigen Verdichtungsgeräte hat gemäß dem ATV A 139 sowie der ZTV A-StB 97/06 zu erfolgen.

Der Einbau der Erdstoffe sollte lagenweise geschehen. Die erreichten Verdichtungswerte sind nachzuweisen.

## 7.5 Weiterführende Empfehlungen

Oberboden (Mutterboden, Ackerboden) ist mit Beginn der Erdarbeiten abzutragen und seitlich der Baustelle in Mieten zu lagern.

Aufgrund der anstehenden Böden, die überwiegend sehr empfindlich gegenüber Wasser sind, sollten bei den Erdarbeiten entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Dies umfasst neben der Planung und Ausführung der Baustrassen den Schutz von fertig gestellten Flächen sowie generell das Ableiten von Niederschlagswässern. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass aufgeweichte Böden nicht wieder eingebaut werden können. Es ist damit zu rechnen, dass nach stärkeren Regenereignissen die Befahrbarkeit bis zum Abtrocknen des Bodens stark eingeschränkt ist.

Vor dem Einbau gewonnener oder zu liefernder Böden und Mineralgemische ist die Eignung zu prüfen. Insbesondere für das Dammbauwerk ist die Erreichbarkeit der erforderlichen Festigkeitswerte im Einbauzustand nachzuweisen.

Der Einbau von Böden und Mineralgemischen hat grundsätzlich in Lagen zu erfolgen, die im lockeren Zustand 0,5 m Stärke nicht überschreiten sollten. Der flächige Einbau bei der Herstellung des Straßendamms von Lage zu Lage verhindert gegenüber einer Vor-Kopf-Schüttung unterschiedliche Zeit-Setzungen. Da insbesondere die Verdichtung sich wesentlich auf die Eigensetzung auswirkt, wird eine entsprechend enge Überwachung empfohlen.

Die vorgegebenen Verdichtungsanforderungen für den Damm und den Straßenaufbau sollten grundsätzlich mit Plattendruckversuchen nach DIN 18134 geprüft werden, da damit die tatsächliche Tragfähigkeit vor Ort geprüft wird. Die Proctordichte ist, obwohl sie auch als Qualitätskriterium mit angegeben wird, keine Prüfung der Tragfähigkeit sondern des materialabhängigen Verdichtungszustandes. Der Einsatz des Leichten Fallgewichtsgesetz nach der Technischen Prüfvorschrift für Boden und Fels im Straßenbau TP BF -StB Teil 8.3 sollte sich auf die Verfüllung von Rohrgräben, Sickerflächen und unzugänglichen Stellen beschränken oder nur zur Prüfpunktverdichtung nach entsprechender Korrelationsmessung erfolgen.

Für den Damm wird eine Prüfung auf der OK des Schotterpolsters bzw. des Planums sowie alle 1,0 m Schütthöhe für erforderlich gehalten. Die erforderliche Anzahl der Verdichtungsprüfungen bezüglich der Fläche für die Schichten des Straßenaufbaus und den Damm sind der ZTVE-StB zu entnehmen. Neben der Vorgehensweise mit dem statistischen Prüfplan (Methode M 1) wäre bei den großen zu prüfenden Flächen auch die Anwendung flächendeckender dynamischer Messverfahren (Methode M 2), die an Verdichtungsgeräten, wie Walzen installiert werden, sinnvoll. Bei der Methode M 2 sollten jedoch stichprobenartig auch Plattendruckversuche als Gegenprobe erfolgen.

In Bereichen, in denen frostempfindliche Böden anstehen, sind folgende allgemeine Grundsätze zu beachten:

- Für den Aushub ist ein Bagger mit Grablöffel und glatter Schneide einzusetzen, um den Aushubhorizont möglichst wenig aufzulockern.
- Freigelegtes Erdplanum ist unverzüglich abzudecken, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Es ist nur soviel Erdplanum freizulegen, wie an einem Tag wieder abgedeckt werden kann.
- Wegen der geringen Plastizität dürfen bei starken Regenfällen keine Erdarbeiten durchgeführt werden bzw. sind bei einsetzenden starken Regenfällen die Erdarbeiten zu unterbrechen. Maßnahmen zum Schutz des Erdplanums (z. B. Abdecken mit rolligen Böden, Planen oder Folien) sind einzuplanen.
- Bei notwendigen Nachverdichtungen mindestens steifer Böden ist statisch nachzuverdichten, um nachteilige Veränderungen durch dynamischen Lasteintrag zu vermeiden.
- Weiche oder aufgeweichte Böden dürfen nicht überbaut oder eingebaut werden.
- Aufgeweichte Schichten sind vollständig aus dem Planumbereich zu entfernen und durch geeigneten Ersatzboden zu ersetzen. Im Erdplanum müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehen.
- Bei Bodenaustausch infolge weicher Böden im Planumbereich darf der Aushubhorizont in der Gründungssohle nicht nachverdichtet oder befahren werden und ist mit dem vorgesehenen Austauschboden sofort wieder abzudecken.
- Bei der Wahl der Baustoffe ist die festgestellte Betonaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030 zu beachten.
- Bei der Auswahl des Materials für ungebundene Trag- und Frostschutzschichten ist die Filterstabilität zu gewährleisten. Gegebenenfalls sind Geotextilien einzusetzen.
- Während der Bauarbeiten sind die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen gemäß ZTVE - StB 94 / 97 nachzuweisen.
- Bei allen angewendeten Verfahren ist die Umweltverträglichkeit zu prüfen.

## 8 Umweltrelevante Untersuchungen

### 8.1 Schädliche Bodenveränderungen und Verdachtsflächen, Altlasten und altlastverdächtige Flächen

Im Trassenbereich sind folgende **Altlastenverdachtsflächen** bekannt:

Kat.-Nr: 03004 Alttankstelle Zeitzer Straße 43

Kat.-Nr: 03007 ehem. Hausmüllkippe Naundorf

Kat.-Nr: 03008/ 03009 Altablagerungen „An der Mühle“ und „Hinter der Fleischerei“

Kat.-Nr: 03014 Bereich der Grube Emilie

Kat.-Nr: 03015 ehemaliges Restloch Tackau

~~Kat.-Nr: 03022/ 03024 ehemalige Schwelerei Deuben~~

Kat.-Nr: 00756/ 00758 Flurstücke der Gruben Anna-Antonie, Naumburg /Kamerad

Im Bereich des Restloches Tackau wurden mit der Bohrung KB01 im Bereich des Braunkohlenflözes ab 7,6 m unter GOK organoleptisch auffällige Bodenschichten angetroffen. Eine Analyse der gewonnenen Rückstellprobe erfolgte nicht. Für die eigentliche Baumaßnahme ist diese Altlast nach derzeitigem Planungsstand nicht relevant. Bedeutung erlangt sie allerdings im Rahmen der notwendigen vorlaufenden Verwahrung offener Grubenbaue. Hier ist eine Erschwerung der Bohr- und Verwahrungsarbeiten zu erwarten (Vorhalten der Mess- und Arbeitsgeräte für Arbeiten im kontaminierten Bereich, Mehrkosten Entsorgung Bohrgut).

~~Ein weiterer Altlastenstandort mit direktem Bezug zur geplanten Maßnahme ist die Schwelerei Deuben. Während sich der Altstandort und die an ihn gebundenen schädlichen Bodenverunreinigungen westlich der geplanten Trasse (Bau-km 0+ 900 bis 1+ 100) befinden, ist die Fläche östlich der ehemaligen Schwelerei bis zur Ortslage Naundorf (B91-Bestand) von einem Grundwasserschäden betroffen, der sich über mehrere Grundwasserleiter erstreckt (/41/ und /42/). Dieser Grundwasserschaden wird gegenwärtig saniert.~~

Organoleptische Auffälligkeiten mit Bezug zu dieser Altlast wurden in den Bohrungen KB 10 und KB 11 festgestellt (vornehmlich im Bereich erbohrter GWL). In Bohrung KB 09 kam es aus einem tiefer liegenden, angeschnittenen Grundwasserleiter zu einem Gasaustritt. Das ausgetretene Methan wird ebenfalls in Bezug mit dem Grundwasserschaden gesehen, als Zwischenprodukt mikrobiologischer Abbauprozesse organischer Schadstoffe im Grundwasser. Der eigentliche Grundwasserschaden hat mehrfachen Bezug zur geplanten Baumaßnahme. Neben den baulichen Anlagen und der damit verbundenen langfristigen Flächeninanspruchnahme (siehe Abschnitt 10 Berücksichtigung der Belange Dritter) kann während der Baumaßnahme im

Bereich des nördlichen Widerlagers auftretendes Grund- oder Schichtenwasser mit Schadstoffen belastet sein.

Die organoleptischen Auffälligkeiten in KB 11 traten ab 13 m unter GOK auf (unterhalb 170 mNHN). In Bohrung KB 10 beginnen die Auffälligkeiten bereits ab 2,5 m unter GOK (176 mNHN) mit Geruch nach Kohlenwasserstoffen und deutlicher Bodenverfärbung. Ab 7 m Tiefe wird der KW-Geruch durch aromatisch-süßlichen Geruch abgelöst.

Sämtliche angetroffenen Bodenverunreinigungen in diesem Bereich befinden sich unterhalb der derzeit absehbaren Aushubtiefen und führen deshalb nicht notwendigerweise zu einer Entsorgung von Bauverdrängungsmassen. Die vorlaufenden Verwehrungsarbeiten der auch in diesem Bereich festgestellten offenen Grubenbaue werden durch das Vorhandensein der Altlast erschwert.

## 8.2 Entsorgungsweg für Aushubmaterialien

### 8.2.1 Ausbauasphalt

Ausbauasphalte der **Verwertungsklasse A** können ohne Einschränkungen im Heißmischverfahren (Asphaltmischanlage) wieder verwendet werden (hochwertigstes Wiederverwendungsverfahren).

Für die Wiederverwendung gelten die Regelungen, die im „Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat“ festgelegt sind.

### 8.2.2 Ungebundene Straßenausbaustoffe/Böden

Die Verwendung der untersuchten ungebundenen Tragschichtmaterialien und Böden im Zusammenhang mit der Erneuerung der Fahrbahn ist unter Einhaltung der unter Pkt. 1.2.3.1 der LAGA M20 (uneingeschränkter Einbau) genannten Bedingungen geprüft worden. Die Straßenausbaustoffe und Böden gelten überwiegend als leicht verunreinigt. (siehe Abschnitt 5.1.2 und 5.1.3)

Die Materialien der Straßenausbaustoffe der Messpunkte ZEB 02 und ZEB 03 wurden der Verwertungs-/Einbauklasse Z 1.2 zugeordnet. Demnach ist ein eingeschränkter offener Einbau entsprechend Pkt. 1.2.3.2 der LAGA M20 möglich.

Sollte der Einsatz unter den aufgezeigten technischen Verhältnissen vor Ort nicht möglich sein, ist der Einbau in anderen geeigneten Baumaßnahmen zu prüfen. Dabei ist das „Verschlechtsverbot“ der vorhandenen Bedingungen zu beachten.

## 9 Seitenentnahmen und Eignungsnachweis

Zur Deckung des Massendefizits bei der Errichtung der Dämme steht im Arbeitsgebiet kein geeignetes Material für Seitenentnahmen zur Verfügung.

## 10 Berücksichtigung der Belange Dritter

Vornehmlich zwischen Bau-km 0+ 650 und 1+ 200 existieren zahlreiche bauliche Anlagen wie Medien und Versorgungsleitungen, Grundwassermessstellen, Förder- und Infiltrationsbrunnen und zugehörige, meist unterirdisch verlegte Leitungen. Die überwiegende Anzahl dieser Anlagen dient der Sanierung des Altstandortes „Schwelerei Deuben“ (/42/). Entsprechend der Tischvorlage zur Beratung LBB-LMBV vom 20.01.2009 (/41/) soll 2010 eine Umstellung der Sanierung und nach 2012 der Übergang zum natürlichen Schadstoffabbau des in Sanierung befindlichen Grundwasserschadens erfolgen. Gegenwärtig ist die Errichtung weiterer Sanierungsanlagen, auch im Trassenbereich, in Planung.

Die verrohrte / vertunnelte Vorflut (Nödlitz) unterquert die Trasse nördlich des Brückenbauwerkes. Die genannten Anlagen werden durch den geplanten Damm entweder direkt überbaut oder befinden sich in unmittelbarer Nähe und somit im Einflussbereich der Setzungen des Dammkörpers.

## 11 Vorschläge für weitere Untersuchungen und Messungen

Im Vorlauf zur Bauausführung sind die angetroffenen offenen Braunkohlentiefbaustrecken zu verwahren. Bisher nicht direkt mit Bohrungen erkundete Tiefbaustrecken im Trassenbereich sind hinsichtlich ihres Verwahrzustandes zu erkunden und je nach Ergebnis zu verwahren. Die notwendigen Arbeiten stellen einen Eingriff in den gegenwärtigen Zustand des Altbergbaus dar. Sie sind in Abstimmung mit der zuständigen Bergbehörde auszuführen und bedürfen einer gesonderten Genehmigung.

Ein Bedarf für weitere Messungen ergibt sich zur Verdichtungsüberprüfung der im Verkehrsflächenbereich einzubauenden Massen im Rahmen der Eigenüberwachungs- bzw. Kontrollprüfungen.

Veränderungen gründungsrelevanter Daten sind dem Baugrundgutachter mitzuteilen.

Beim Antreffen einer abweichenden Schichtenfolge ist der Bodengutachter zu einer Baugrubenabnahme heranzuziehen