

Geotechnischer Bericht

Baugrundgutachten nach DIN EN 1997-2 und DIN 4020

Objekt:	Erschließung Magdeborner Halbinsel
Lage:	Magdeborner Halbinsel, Landkreis Leipziger Land, Bundesland Freistaat Sachsen
Auftraggeber:	seecon Ingenieure GmbH Enderstraße 22, 04177 Leipzig
Auftragnehmer:	FCB Fachbüro für Consulting und Bodenmechanik GmbH 04579 Espenhain, Verwaltungsring 10 Tel.: 034206 74-3770, Fax: 034206 74-3780 E-Mail: julia.dillenardt@bodenmechanik.de
Auftrags-Nr.:	O-20130481
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Joachim Heidler Dipl.-Geol. Julia Dillenardt
Gültigkeit:	<ul style="list-style-type: none">• räumlich: Baustandort• zeitlich: Bauzeitraum, Nutzungszeitraum• fachlich: unter den beschriebenen geotechnischen Randbedingungen
Umfang der Bearbeitung:	19 Seiten Text 7 Anlagen (51 Blatt)

Espenhain, 31.03.2014



Dipl.-Ing. Axel Dyck
Sachverständiger für Geotechnik
Geschäftsführer

Inhaltsverzeichnis

Punkt	Beschreibung	Seite
	Titelblatt	1
	Inhaltsverzeichnis	2
	Anlagenverzeichnis	3
	Literatur- und Normenverzeichnis	4
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	6
2	Verwendete Unterlagen	6
3	Allgemeine geologische und hydrologische Angaben zum Baugrund	6
4	Baugrunduntersuchung	6
4.1	Umfang der Untersuchung	7
4.2	Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	8
4.3	Bodenklasse, Frostempfindlichkeit	11
4.4	Schurfgrabungen	11
4.5	Dynamische Plattendruckversuche	12
5	Chemischen Laboruntersuchungen	13
5.1	Untersuchungen gemäß LAGA	13
5.2	Untersuchungen des Grundwassers	14
5.3	Untersuchungen gemäß RuVA-StB	14
6	Gründungstechnische Schlussfolgerungen	15
6.1	teilweise Erneuerung der F 95 und Zuwegungen zum Dispatcherturm und Parkplätze	15
6.2	Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Pumpwerk	15
6.3	Baugruben und Gräben	16
6.4	Wasserhaltung und Graben-/Grubensicherung	17
7	Standicherheit der Ostböschung	17
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	19

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageskizze	1 Blatt
Anlage 2	Baugrundprofile und Sondierprofile	8 Blatt
Anlage 3	Dokumentation der Schürfe	2 Blatt
Anlage 4	Bodenchemische Untersuchungen; Deklarationsanalyse nach LAGA	16 Blatt
Anlage 5	Wasserchemische Untersuchungen	2 Blatt
Anlage 6	Bodenphysikalische Untersuchungen	20 Blatt
Anlage 7	Standsicherheitsnachweis Schiefebene RKS 7	2 Blatt

Literatur- und Normenverzeichnis

Quelle	Beschreibung
L1	Normen
L1.1	DIN EN 1997-1:2009-09 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“
L1.2	DIN EN 1997-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang
L1.3	DIN 1054:2010-12 „Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“ - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
L1.4	DIN EN 1997-2:2010-10 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes“
L1.5	DIN EN 1997-2/NA:2010-12, Nationaler Anhang
L1.6	DIN 4020:2010-12 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2“
L1.7	DIN 4020:2003-09 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke“
L1.8	DIN EN ISO 22475-1:2007-01 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung“
L1.9	EN ISO 14688-1:2002-08 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung“
L1.10	DIN 4022-1:1987-09 „Benennen und Beschreiben von Boden und Fels“
L1.11	EN ISO 14688-2:2004-07 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen von Bodenklassifizierung“
L1.12	DIN 18196:2006-06 „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“
L1.13	EN ISO 22476-2:2005-04 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen“
L1.14	DIN 4124: 2012-01 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“
L1.15	DIN 18319 (2000) ATV Rohrvortriebsarbeiten
L1.16	DIN 4084: 2009-01 Baugrund, Gelände- und Böschungsbruchberechnungen

- L1.17 DIN 1054: 2010-12 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“ – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- L1.18 DIN 1054: 2005-01 Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- L1.19 DIN 50929-3:1985-09 Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern
- L2 Technische Regeln und Richtlinien
 - L2.1 LAGA, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand 05.11.2004
 - L2.2 Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgungen von Siedlungsabfällen (3. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz) Mai 1993
 - L2.3 Lithofazieskarte Quartär (LKQ) 1:50.000 Blatt 2565 Leipzig, April 1973
 - L2.4 Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau RuVA-StB 01, 2001
 - L2.5 Abfrage Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Erdbebenzonenkarte (ehemals DIN 4149:2005-04), Feb. 2014, Geo-Forschungs-Zentrum Potsdam, Sektion 2.6 Erdbebengefährdung und Spannungsfeld
 - L2.6 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009 (ZTVE-StB 09)
 - L2.7 Arbeitsblatt DWA-A 125/DVGW W 304 Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, DVGW/DWA Dezember 2008
 - L2.8 Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138, „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Januar 2002, ATV-DVWK-Regelwerk
 - L2.9 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement
 - L2.10 GGU-STABILITY, Version 9.14, Böschungsbruchberechnung mit Kreisgleitflächen und polygonalen Gleitflächen nach DIN 4084, DIN 4084-100 und EC 7, Stand: November 2009
 - L2.11 „Ingenieurgeologie“, 3. Ausgabe, Reuter, Fritz u.a., Stuttgart 1992

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Zur Erschließung zusätzlicher Flächen auf der Magdeborner Halbinsel werden weitere neue Straßen, Parkflächen sowie eine teilweise Erneuerung der F 95 und einer Zuwegung zum Dispatcherturm geplant. Des Weiteren sind die Verlegung von Ver- und Entsorgungsleitungen und der Bau eines Pumpwerkes geplant.

2 Verwendete Unterlagen

- /U 1/ Aufgabenstellung vom 11.11.2013
- /U 2/ Angebot vom 18.11.2013
- /U 3/ Auftragsbestätigung vom 19.12.2013
- /U 4/ Baugrundgutachten, „Erschließung und Errichtung Segelhafen Grunaer Bucht“, FCB GmbH, vom 18.03.2010
- /U 5/ Baugrundhauptuntersuchung Wegebau Störmthaler See, Weg 52, vom 24.06.2012

3 Allgemeine geologische und hydrologische Angaben zum Baugrund

Für die geplante Baumaßnahme sind die quartären Bodenschichten bis in etwa 7 m Tiefe von Interesse. Diese sind geologisch durch saalekaltzeitlichen Geschiebelehm geprägt, der von Aue- bzw. Lößlehm sowie teilweise von aufgefülltem Material überlagert wird. Der Geschiebelehm setzt sich überwiegend aus Sand, schluffig (SU*) und untergeordnet aus Schluff, sandig kiesig (UL) zusammen. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen 0 und 10,30 m. Stellenweise sind die oberen 1 - 2 m der Schichtenfolge durch anthropogene Auffüllungen aus Sand, Kies, Schluff und Bauschutt ersetzt. Der Grundwasserspiegel entspricht in etwa dem Endwasserspiegel der Flutung des Störmthaler Sees, der im Dezember 2012 mit +117 m über NHN erreicht wurde. Dieser liegt 3 bzw. 5 m unter der Erkundungstiefe.

Der Raum Störmthal und Espenhain wird nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 der Erdbebenzone 0. Dem Gebiet wird die Untergrundklasse T – als Übergangsbereich zwischen Gebieten der Untergrundklasse R und S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken zugeordnet [L2.5].

4. Baugrunduntersuchung

4.1 Umfang der Untersuchung

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden 6 Rammkernbohrungen bis in 3 m Tiefe verteilt entlang der geplanten Straßenerneuerung (siehe Lageplan Anlage 1) niedergebracht. Zudem wurde eine 7 m tiefe Rammkernbohrung im Bereich des vorgesehenen Pumpwerkes abgeteuft und parallel eine Schwere Rammsondierung (DPH) durchgeführt. Da in dem geplanten Untersuchungsgebiet schon Straßen existieren, soll der vorhandene Aufbau der Befestigung und die Tragfähigkeit erkundet werden. Dazu wurden zwei Schürfe angelegt und Prüfungen mit dem dynamischen Plattendruckversuch (leichte Fallplatte) vorgenommen. Die Dokumentation der beiden Schürfe bei RKS 1 und RKS 3 ist Anlage 3 zu entnehmen. Aus den beiden Schürfen wurde jeweils der Asphalt der alten Straße beprobt und nach RuVA-StB 01 untersucht.

Die Bodenschichten wurden beprobt und gemäß DIN 4022 und DIN 18196 geologisch angesprochen und beschrieben. Es wurden Sieb- und Schlämmanalysen an sechs repräsentativen Proben durchgeführt sowie an drei Proben der Glühverlust bestimmt. An zwei Proben des Geschiebelehms/-mergels wurden die Konsistenzgrenzen und der Wassergehalt ermittelt. Die im Ergebnis der geologischen Untersuchungen entwickelten Bodenprofile mit den Probenahmepunkten und das Sondierungsdiagramm sind in Anlage 2 dokumentiert. Das Auffüllmaterial der oberen Bodenschichten wurde aus drei RKS beprobt (4/14, 6/14, 2/14) und nach LAGA-Richtlinie untersucht. Die Ergebnisse sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Zur Untersuchung des Grundwassers wurde aus einer nahe gelegenen Grundwassermessstelle eine Wasserprobe entnommen und nach DIN 4030 auf Beton- und Stahlaggressivität untersucht. Das Ergebnis ist in Anhang 5 dokumentiert.

4.2 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse

In allen Ansatzpunkten der Erkundung steht eine Lage Auffüllmaterial von 0 bis zu 2,50 m Mächtigkeit an. Dabei handelt es sich im Straßenbereich zuoberst um locker bis mitteldicht gelagerte Sande, die teils auch kiesig auftreten und mit Bauschutt und Asphaltresten versetzt sind. Diese bilden die Tragschicht der vorhandenen Straße. Im Bereich der alten Bebauung (RKS 6 und RKS 4) wurde zuoberst ein eher schluffiges Material mit Bauschuttresten in steifer bis halbfester Konsistenz von 0,5 bis 1 m Mächtigkeit erkundet.

Nach einer schmalen Schicht 0 m (RKS4+5) bis 0,50 m (RKS7) Sand mit Kies- und Schluffanteil in mitteldichter bis lockerer Lagerung folgt anschließend im oberen Bereich in fast allen Bohrungen eine 0,3 bis 3 m mächtige Schicht aus Geschiebelehm bzw. teilweise aus Geschiebemergel. Wobei hier der Geschiebelehm im oberen Bereich stark sandig auftritt und nach DIN 18196 der Gruppe SU* zuzuordnen ist, während der liegende Geschiebemergel eher schluffig (UM-UL) und mit steifer bis weicher Konsistenz auftritt. Die entsprechende Kornverteilungskurve bzw. das Plastizitätsdiagramm ist Anlage 6 zu entnehmen. Für den bindigen Geschiebemergel wurden laborativ die Wassergehalte an Fließ- und Ausrollgrenze bestimmt. Diese betragen $w_L = 0,45$, $w_P = 0,30$ und der natürliche Wassergehalt $w_n = 0,31$. Danach ist der Boden der Gruppe UM zuzuordnen und weist einen Plastizitätsindex $I_P = w_L - w_P = 0,15$ auf. Damit ist er als konsistenzempfindlich einzustufen. Der aus diesen Wassergehalten abgeleitete Konsistenzindex $I_c = 0,94$ weist darauf hin, dass zum Erkundungszeitpunkt der Boden in steifer Konsistenz anstand.

In vorrangegangenen Untersuchungen /U5/ wurde die gleiche geologische Schicht im Norden der Halbinsel als schluffig, toniger Sand (ST*) bis Schluff leicht plastisch (UL) in halbfester Konsistenz angesprochen.

In der Rammkernbohrung Nr. 6 wurde deutlich kalkhaltiger Geschiebemergel in steifer bis halbfester Konsistenz über Geschiebelehm in weicher Konsistenz erkundet. Ursache könnte hier ein früherer Grundwassereinfluss auf das Liegende der Geschiebemergelschicht sein. Unterlagert wird der Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel von einem locker gelagerten kiesigen Sand. Dieser entspricht den saalezeitlichen Schottern der Markkleeberger Mulde (GWL 1.6)

Es wurde kein Grundwasser festgestellt.

Tabelle 1: Baugrundmodell – Regelprofil

Modell-schicht	Bezeichnung	Teufe [m] unter GOK
MS 1	Auffüllung Sand, teils stark schluffig, halbfest bis steif, locker bis mitteldicht gelagert, trocken bis erdfeucht SU-SI	0 – 0,7 (±0,5)
MS 2.1	Geschiebelehm, Sand stark schluffig, schwach kiesig bis kiesig, locker bis dicht gelagert, trocken bis erdfeucht SU - SU*	1 (±0,9) – 2,5 (±1,2)
MS 2.2	Geschiebemergel Schluff, weich bis halbfest, leicht bis mittelplastisch UM – UL	1 (±0,9) – 2,5 (±1,2)
MS 3	Sand-Schluff-Gemisch bis Kies-Schluff-Gemisch Sand bis Kies schwach schluffig, locker bis mitteldicht gelagert, trocken – erdfeucht SU, GU	> 2,4 (±1,4)

Auf der Basis anerkannter Tabellenwerte der Fachliteratur und des Regel- und Normenwerkes sowie spezifischer Erfahrungen des Gutachters werden die folgenden Kennwerte definiert:

Tabelle 2: Bodenphysikalische Kennwerte (charakteristische Kennwerte)

Modellschicht	Mächtigkeit [m]	Bruchscherfestigkeit		Wichte γ [kN/m ³]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	mittlere Durchlässigkeit k_f [m/s]
		Φ' [°]	c' [kN/m ²]			
MS 1 Auffüllboden	0,7 (±0,5)	27,5	0	17	20	$1,3 \cdot 10^{-4}$ (n=2)
MS 2.1 Geschiebelehm	1,5 (±1)	27,5	5	20,5	10	$1,0 \cdot 10^{-6}$ (n=2)
MS 2.2 Geschiebe- mergel weich steif halbfest	1,0 (±1)	27,5	2 5 15	20 20,5 21	5 10 15	$8,0 \cdot 10^{-5}$ (n=2)
MS 3 Feinsand bis Sand	>1,4 (±0,6)	32,5	0	19	50 - 100	$1,2 \cdot 10^{-4}$ (n=2)

4.3 Bodenklasse, Frostempfindlichkeit

Aus der geologischen Ansprache der einzelnen Schichten ergeben sich die Eingruppierungen gemäß Tabelle 3.

Tabelle 3: Bodenklasse, Frostempfindlichkeit, Verdichtbarkeitsklasse

Modellschicht	Bodenklasse DIN 18300	Verdichtbarkeitsklasse ZTVE StB 09 **	Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 09
MS 1	3 – 4*	V 1 - V 2	F 2 – F 3*
MS 2.1	3 - 4	V 1 – V 2	F 2 - 3*
MS 2.2	4	V 2 – V 3	F 3
MS 3	3	V 1	F 2

* - je nach Höhe der bindigen Bestandteile

** unter Beachtung der Verdichtbarkeit der einzelnen Böden sind diese für Hinterfüllungen oder Grabenverfüllungen oberhalb der Rohrleitungszone geeignet. Aus der MS 2 sind dabei Fremdbestandteile oder Steine zu entfernen.

4.4 Schurfgrabungen

Um den Aufbau der vorhandenen Straßenbefestigung zu erkunden, wurden zwei Schurfgrabungen, jeweils eine bei der RKS 1 an der F 95 (Schurf I) und eine weitere nahe der RKS 3 (Schurf II), durchgeführt. Die Dokumentation ist Anlage 3 zu entnehmen. Daraus ist abzuleiten, dass die Asphaltsschicht eine Dicke von etwa 0,18 bis 0,19 m aufweist. Darunter folgt in Schurf I eine Lage Pflastersteine. In beiden Schürfen wurde eine dichte Lage Sand bis Schotter festgestellt. Im Liegenden wurde in Schurf I eine 0,3 – 0,35 m mächtige, kiesige Sandschicht gefolgt von einem stärker schluffigen Sand in mitteldichter bis lockerer Lagerung erkundet. Im Zuge einer früheren Untersuchung des Straßenaufbaus der „alten“ F 95 wurde an 5 Schürfen ein ähnlicher Aufbau festgestellt.

Dieser wurde folgendermaßen beschrieben [U4]:

- 0,15 – 0,18 m Asphaltdeckschicht
- 0,3 – 0,35 m Tragschicht aus Schotter
- 0,3 – 0,4 m Tragschicht aus Kiessand

Planerseitig ist für den Straßenbau eine Belastungsklasse von BK 0,3 bis BK 1,0 vorgesehen. Die Minderdicke infolge der örtlichen Verhältnisse (Frosteinwirkung Zone II, Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (siehe Tabelle 3)) wird hier nach L 2.9 für die Belastungsklasse 1,0 mit 65 cm und für die Belastungsklasse 0,3 mit 55 cm veranschlagt.

Für die ehemalige F 95 (Schurf I) liegt die Mächtigkeit der frostsicheren Schicht über dem Grenzwert der Minderdicke von 65 cm für die Belastungsklasse 1,0 [L2.9].

In Schurf II hingegen zeigte sich im Liegenden ein Schluff bis Sand stark schluffig in weicher Konsistenz (siehe Anlage 2.3, RKS 3). Hier genügt die Mächtigkeit der frostsicheren Schicht dem Grenzwert von 55 cm der Belastungsklasse 0,3.

Dass der vorhandene Straßenaufbau durchgängig auch der Belastungsklasse 1,0 genügt, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden.

4.5 Dynamische Plattendruckversuche

Zur Prüfung der Tragfähigkeit der gegenwärtig vorhandenen Straße wurden in den Schürfen dynamische Plattendruckversuche durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 4: Prüfergebnisse E_{vd} und Umrechnung in E_{v2}

Prüfpunkt (siehe Anlage 3)	E_{vd} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]
Schurf I (bei RKS 1)		
a	59,2	124,6
b (Planum)	59,7	125,8
Schurf II (bei RKS 3)		
a	61,6	130,0
b (Planum)	48,7	101,0

Der für das Straßenplanum gemäß ZTVE-StB-09 [L2.6] geforderte Wert $E_{v2} \geq 45$ MN/m² wurde hier erreicht.

5 Chemischen Laboruntersuchungen

5.1 Untersuchungen gemäß LAGA

Zur Untersuchung von Bodenproben bezüglich Schadstoffbelastungen wurde Material aus den oberen Bodenschichten der RKS 2/14, 4/14 und 6/14 entnommen und drei Mischproben pro RKS hergestellt und untersucht. Die genauen Teufen der Probenahme können den Bohrprofilen in Anlage 2 entnommen werden. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 5: Ergebnisse der Laboruntersuchungen gemäß LAGA

RKS Nr.	Zuordnungsklasse	verursachender Parameter
2/14	Z 2	TOC, PAK
4/14	Z 1	TOC
6/14	Z 2	TOC

Es wird darauf hingewiesen, dass die Untersuchungen Stichprobencharakter haben. Des Weiteren wurde am Auffüllmaterial mittels Glühverlust der organische Anteil bestimmt. Dieser ist mit 0,03 ($\pm 0,01$) als vernachlässigbar gering einzustufen.

5.2 Untersuchungen des Grundwassers

Es wurde in keiner der Bohrungen der Grundwasserspiegel erreicht. Dieser wird etwa 2 - 3 m tiefer als die Endteufe bei etwa 117-118 m NHN erwartet. Um dennoch eine Aussage über die Wasserchemie treffen zu können, wurde aus einer nahegelegenen Grundwassermessstelle bei RKS 2 eine Wasserprobe entnommen und wasserchemisch untersucht. Im Ergebnis ist das anstehende Grundwasser sehr stark Beton angreifend (siehe Anlage 5). Im Falle von temporären Schichtwasserbildungen kann das Schichtwasser ortsüblich erhöhte Sulfatwerte aufweisen. Es wird empfohlen, vorsorglich Betonschutzmaßnahmen für chemische angreifende Umgebungsbedingungen gemäß DIN 4030 vorzunehmen.

Die Stahlaggressivität wurde für den Fall Korrosion an der Wasser/Luftgrenze nach DIN 50929 für Eisenwerkstoffe berechnet. Im Ergebnis wurde für unlegierte bis niedriglegierte Stähle in Wasser eine hohe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine mittlere Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit festgestellt. Für hochlegierte nichtrostende Stähle besteht nur bei Streustromaustritt in Gegenwart von Chloridionen Korrosionsgefahr [L1.19].

geändert am 07.04.2014



5.3 Untersuchungen gemäß RuVA-StB

Zur genaueren Einstufung des Straßenmaterials wurden aus den Schürfen zwei repräsentative Asphaltproben entnommen und nach RuVA-StB 01 (siehe Anlage 4) untersucht. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 6: Untersuchungsergebnisse nach RuVA-StB 01

Probenr.	Probenart	Verwertungsklasse nach RuVA-StB	Verfahrensweise
Schurf I	Asphalt	Verwertungsklasse A	alle Verwertungsverfahren, vorzugsweise Heißmischverfahren
Schurf II	Asphalt	Verwertungsklasse A	alle Verwertungsverfahren, vorzugsweise Heißmischverfahren

Die Asphaltproben aus beiden Schürfen liegen im Gesamtgehalt an PAK im Feststoff weit unter der Grenze von 25 mg/kg. Der Phenolindex entspricht dem Grenzwert von 0,1 mg/l. Demnach kann das Material neben dem Kaltmischverfahren auch im Heißmischverfahren als Asphaltgranulat wieder eingesetzt werden. Ein Einsatz in Asphaltmischanlagen und in Baustellenmischverfahren ist möglich. Es ist auch möglich, das Material ohne Bindemittel als Tragschicht unter wasserundurchlässigen Deckschichten einzubauen. Grundsätzlich sollte beim Kaltmischverfahren als auch beim Wiedereinbau als Tragschicht ein Abstand zum Grundwasser von mind. 1 m eingehalten werden [L2.4].

6 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

6.1 teilweise Erneuerung der F 95 und Zuwegungen zum Dispatcherturm und Parkplätze

Unter Beachtung der langjährigen Schwerlastbeanspruchung und des augenscheinlichen sehr guten Erhaltungszustandes der Asphaltdeckschicht sollte mindestens der Tragschichtenaufbau auch zukünftig Anforderungen bereits jetzt gerecht werden und keine weiteren Aufwertungen vorgenommen werden. Eine genauere Betrachtung bezüglich der Bau- bzw. Belastungsklassen ist unter Punkt 4.4 – Schurfgrabungen - zu finden.

Die Funktionalität des Straßenoberbaus setzt eine dauerhaft wirksame Entwässerung insbesondere des Planums voraus. Bei der Planung einer Entwässerungseinrichtung sind die Richtlinien RAS-Ew sowie die ZTV Ew – StB zu beachten.

6.2 Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Pumpwerk

Nach DIN 4020:2010-12 [L1.6] wird das Bauobjekt in die geotechnische Kategorie 1 eingeordnet. Diese umfasst einfache Bauobjekte bei einfachen und übersichtlichen Baugrundverhältnissen. Die Standsicherheit kann aufgrund gesicherter Erfahrungen beurteilt werden.

Die Modellschichten MS 3 (Feinsand bis Sand) sind als Baugrund für Gründungen sehr gut geeignet. Der Geschiebemergel MS 2 ist aufgrund des hohen Schluffanteils konsistenzempfindlich und teilweise als leicht bis mittelplastischer Schluff noch geeignet als Baugrund [L1.10].

Nach L 2.11 stellt Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel meist einen guten Baugrund mit hoher Tragfähigkeit dar, da er eine geringe Zusammendrückbarkeit und hohe Scherfestigkeit aufgrund der eiszeitlichen Vorkonsolidierung zeigt. Wegen der hohen Konsistenzempfindlichkeit neigt er jedoch zu Frosthebungen.

Die Konstruktion für das Pumpwerk ist noch in Planung. Aufgrund der Erkundungsergebnisse kann aber eingeschätzt werden, dass die für die anstehenden Böden zulässigen Bodenpressungen nicht überschritten werden. Nach Abschluss der Planung sollte das aber noch überprüft werden. Es ist planerseitig vorgesehen, für ein Pumpwerk Rohrleitungen zu verlegen. Der Baugrund (MS 2) ist für entsprechende technische Verfahren geeignet. In der MS 2 ist mit Hindernissen in Form von Findlingen zu rechnen.

6.3 Baugruben und Gräben

Baugruben und Gräben sind gemäß DIN 4124, [L1.14], herzustellen.

Unbelastete Böschungen:

- | | | |
|----------------------|------------------|--------------------|
| - innerhalb der MS 2 | bis 1,25 m Tiefe | senkrecht |
| | bis 3,00 m Tiefe | $\beta = 60^\circ$ |
| - innerhalb der MS 3 | bis 1,25 m Tiefe | senkrecht |
| | bis 3,00 m Tiefe | $\beta = 45^\circ$ |

Sollten Baugruben bis in das Niveau des Seewasserspiegels reichen, sind diese mit einem geschlossenen Verbau zu sichern.

Grabensohlen innerhalb der Modellschichten MS 2 und 3 sind nach ZTVE-StB 09 [L2.6] ausreichend tragfähig. Der Leitungsgraben ist während der Bauarbeiten wasserfrei zu halten. Vor allem die Modellschicht MS 2.2 reagiert empfindlich auf Wasserzutritt und geht schnell in die nächst niedere Konsistenz über. Bei der Verlegung der Leitungen sind die einschlägigen Vorschriften zur Rohrbettung zu beachten.

Bauseitig aufgelockerte Bereiche der Grabensohle sind nach zu verdichten. Sollten auf der Baugrubensohle aufgeweichte Böden angetroffen werden, sind diese durch rolligen Boden mit mind. 30 cm Dicke zu ersetzen, der mit einer Verdichtung von $D_{Pr} = 97\%$ einzubauen ist.

Die bei den Aushubarbeiten eingesetzten Geräte müssen bei einer Gesamtmasse bis 12 t einen Abstand zur Baugrubenoberkante von mind. 1 m einhalten. Für Geräte über 12 bis 40 t gilt ein Mindestabstand von 2 m.

Bei der Verfüllung der Baugruben können die Aushubmasse verwendet werden, wenn

- bei Z2-Böden die Einbaubedingungen gemäß LAGA eingehalten werden
- bindiger Boden mit Wassergehalten vorliegt, der eine Verdichtung gemäß den geltenden Vorschriften ermöglicht.

6.4 Wasserhaltung und Graben-/Grubensicherung

Oberhalb des Bemessungswasserstandes von +117 m NHN sind keine Schichtwässer oder Grundwässer planmäßig zu erwarten.

Es ist trotzdem die übliche Vorsorge für temporäre offene Wasserhaltungen im Bedarfsfall zu treffen.

Für Baugruben, die in das Grundwasser (gleich Seewasserspiegel) reichen, ist ein geschlossener Verbau unter Beachtung des Lastfalles „hydraulischer Grundbruch“ zu planen.

7 Standsicherheit der Ostböschung

Die erdstatischen Untersuchungen zur Ermittlung der Standsicherheit der Schiefebenenböschungen erfolgten für den Fall „Bruch auf Kreisgleitflächen“ (KGF).

Die Berechnungen wurden mit dem Programmsystem GGU-STABILITY (L 2.10) durchgeführt. Dieses ermöglicht u. a. die Böschungsbruchuntersuchung nach DIN 4084 „Geländebruchberechnungen“ (L 1.16) mit Kreisgleitflächen (KGF - nach BISHOP).

Es lassen sich folgende geotechnische Randbedingungen erfassen und statisch korrekt verarbeiten:

- beliebige Schichtung
- beliebige Böschungsgeometrie
- Sickerlinie/Porenwasserdrücke

- freier Wasserspiegel vor der Böschung
- äußere Lasten (Verkehrslasten)
- Erdbebenkräfte

Da das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 0 liegt, kann auf den Ansatz zusätzlicher Beschleunigungen verzichtet werden.

Nach L 1.3 ist der Nachweis GEO-3 „Grenzzustand des Versagens oder sehr großer Verformungen des Baugrundes“ zu führen. Dieser Nachweis entspricht dem GZ 1C „Grenzzustand des Versagens des Baugrundes, ggf. einschließlich auf oder in ihm befindlicher Bauwerke, durch Bruch im Boden, durch Böschungsbruch oder Geländebruch“ nach L 1.18.

Nach L 1.1 und L 1.18 ist eine ausreichende Gesamtstandsicherheit (rechnerisches Grenzgleichgewicht) dann gegeben, wenn der Bemessungswert der Beanspruchungen E_d kleiner/gleich dem Bemessungswert der Widerstände R_d ist. Der Ausnutzungsgrad der Widerstände μ ermittelt sich zu $\mu = E_d/R_d$, dieser muss kleiner/gleich 1,0 sein, d. h.

$$\mu = E_d / R_d \leq 1,0.$$

Eingeführt werden folgende Teilsicherheitsbeiwerte γ_M nach Tabelle A2.2 in L 1.17 für die Bemessungssituation BS-P = ständige Situation (entspricht LF 1 nach L 1.18)

Reibungswinkel φ	$\gamma_\varphi = 1,25$
Kohäsion c	$\gamma_c = 1,25$

Als Belastung der Böschung wurde ein SLW 60 mit einer Ersatzflächenlast von $p = 33,3 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Die Belastungsbreite (Spurweite) ging mit 2 m in die Berechnung ein.

Als Ansatz für die Scherfestigkeit wurden Parameter gewählt, die am unteren Rand des Parameterintervalls der erkundeten Böden liegen.

Die Böschungsparameter wurden aus dem aktuellen Aufmaß abgegriffen. Daraus ergibt sich die maximale Böschungshöhe zu $H = 7 \text{ m}$ und die Böschungsneigung zu $n = 1:1,65$ (entspricht einem Böschungswinkel von $\beta \approx 31^\circ$).

Die Berechnungsergebnisse sind in den Anlagen 6.1 und 6.2 dargestellt.

Es können folgende Ausnutzungsgrade nachgewiesen werden:

- unbelastete Böschung $\mu = 0,90$
- belastete Böschung $\mu = 0,95$

Damit ist die Standsicherheit der Böschungen im Bereich der Schiefebene gegeben.

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Mit der vorliegenden Baugrunduntersuchung werden die Baugrundverhältnisse vollständig beschrieben. Defizite im Baugrundmodell sind nicht erkennbar. Das beschriebene Basismodell ist auch für die Bereiche des Plangebietes, in denen keine expliziten Baugrundaufschlüsse realisiert wurden, anwendbar.

Für die zu realisierenden Erdbaumaßnahmen wird die Erstellung eines Qualitätssicherungsplanes gemäß ZTVE als erforderlich erachtet.

Es wird empfohlen, die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung zwischen Auftraggeber, Fachplaner und Gutachter zu erörtern.

Sollten im Rahmen der weiteren Bauausführung Änderungen oder Sachverhalte eintreten, die in diesem Bericht nicht berücksichtigt werden konnten, dann ist gegebenenfalls eine Prüfung der Gültigkeit der getroffenen Aussagen erforderlich.