



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTECHNIK MBH

DB Netz AG
Regionalbereich Süd
Produktionsdurchführung Nürnberg
z. Hd. Herrn Kreupl
Sandstraße 38 - 40
90443 Nürnberg

Projekt-Nr. 35.4016	Datei P4016B141017.docx	Diktat CSp/TFz	Büro Nürnberg	Datum 17.10.2014
------------------------	----------------------------	-------------------	------------------	---------------------

Strecke 5100
Bamberg nach Hof
Ersatzweg für Bahnübergang
bei km 117,670 in Schwingen

- Baugrundgutachten und
Umweltechnisches Gutachten -

Auftrag vom 22.07.2014

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, Geschäftsführer Dipl.-Ing. Christian Spang
Zentrale Witten: Westfalenstraße 5 - 9, D-58455 Witten, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de
<http://www.dr-spang.de>
Niederlassungen: 90491 Nürnberg, Erlenslegenstr. 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
73734 Esslingen/Neckar, Weilstr. 29, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
06618 Naumburg, H.-von-Stephan-Platz 1, Tel. (03445) 762-0, Fax 762-162, naumburg@dr-spang.de
Banken: Deutsche Bank AG, Nürnberg, IBAN: DE36 7607 0024 0381 6642 00, BIC: DEUTDE33HAN30



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	4
1.4 Untersuchungen	5
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	6
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	6
2.2 Baugrund	7
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	10
2.4 Chemische Laborversuche	11
2.5 Bodenmechanische Laborversuche	12
2.6 Geotechnische Besonderheiten	15
3. BODENKENNWERTE	16
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	16
3.2 Bodenkennwerte	16
4. FOLGERUNGEN	17
4.1 BE-Fläche	17
4.2 Geplanter Wirtschaftsweg	18
4.3 Anrampungen und Furt	19
5. EMPFEHLUNGEN	19
5.1 Ertüchtigung BE-Fläche	19
5.2 Herstellung Wirtschaftsweg	20
5.3 Anlegung Anrampungen und Furt	21
5.4 Baugruben	22
5.5 Wasserhaltung / Entwässerung	22
5.6 Sonstige Empfehlungen	23



6. ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 200.000 (1)
- Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 :500 (1)
- Anlage 3: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 3.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)
- Anlage 3.2: Bohrsondierungen (BS) (4)
- Anlage 3.3: Schwere Rammsondierung (DPH) (2)
- Anlage 4: Bodenmechanische Laborversuche (14)
- Anlage 5: Chemische Analytik
- Anlage 5.1: Auswertung (1)
- Anlage 5.2: Prüfberichte (2)
- Anlage 6: Protokoll dynamische Plattendruckversuche (2)



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Es ist geplant den Bahnübergang am km 117,670 an der Bahnstrecke 5100 aufzulassen. Als Ersatz soll ein Wirtschaftsweg hergestellt werden, der an einen vorhandenen Weg westlich der Sächsischen Saale abzweigt (ab den Bereich unter der Brücke der Bundesstraße 289), den Fluss über eine geplante Furt quert und anschließend östlich des Flusses wieder an einen Bestandsweg anschließt. Insgesamt hat der geplante Wirtschaftsweg eine Länge von ca. 140 m. Zur Zeit der Gutachtenerstellung lagen keine weiteren Angaben bezüglich Bauweise und -art des geplanten Wirtschaftsweges und der Furt vor.

1.2 Auftrag

Für den geplanten Weg und die Furt ist eine Baugrunduntersuchung erforderlich. Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung sind in einem Baugrundgutachten zusammenzufassen und zu bewerten und daraus entsprechende Gründungsempfehlungen abzuleiten. Weiterhin sind Feld- und bodenmechanische Versuche nach Vorgabe des Planers durchzuführen. Der Gleisschotter am aufzulassenden Bahnübergang ist umwelttechnisch zu bewerten.

Mit der Bestellung vom 22.07.2014 wurde der Dr. Spang GmbH auf Basis des Rahmenvertrags 1000/MU5/92204224 der Auftrag erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.

1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

[U 1] **Plan mit eingezeichnetem Wirtschaftsweg und Furt sowie eingetragenen Erkundungspunkten**, unmaßstäblich, Emch + Berger, Stand Juli 2014.



- [U 2] **RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen;** Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012.
- [U 3] **Ril 880.4010, Bautechnik; Verwertung von Altschotter;** DB AG, 01.02.2003.
- [U 4] **Geologische Karte und Erläuterung Bayreuth M 1 : 25.000,** Blatt Nr. 5737, Schwarzenbach a. d. sächs. Saale; Bayerisches Geologisches Landesamt, München 1977.
- [U 5] **Grundbautaschenbuch Teil 1 bis 3, 7. Auflage,** Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2009.
- [U 6] **LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen,** Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, Stand 06.11.1997.
- [U 7] **Abfall – Merkblatt Nr. 3.4/2 (Gleisschottermerkblatt);** Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, vom 01.08.2010.
- [U 8] **Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete (IÜG);** www.lfu.bayern.de.

1.4 Untersuchungen

Am 30.07.2014 wurden durch Mitarbeiter der Dr. Spang GmbH **4 Kleinrammbohrungen** als Rammkernsondierungen (Schuppen-Ø 40 – 60 mm) und **2 Schwere Rammsondierungen** nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 2 m unter Ansatzpunkt ausgeführt. Die Kleinrammbohrung BS 1 wurde im Bereich der geplanten Baustelleinrichtung und die Kleinrammbohrungen BS 2 bis 4 im Bereich des geplanten Wirtschaftsweges abgeteuft. Weiterhin wurden **2 dynamische Plattendruckversuche und 4 Densitometer** im anstehenden Boden unter dem Oberboden ausgeführt. Die Lage der Erkundungspunkte und der Feldversuche sowie die Art der Feldversuche wurden vom Auftraggeber festgelegt. Am Bahnübergang km 117,670 wurde ein **Gleisschotterschurf** durchgeführt.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert sowie nach DIN 18 300 klassifiziert. Die Ergebnisse der Bohrgutauf-



nahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 3.2 dargestellt. Die Schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 3.3 enthalten.

Alle Aufschlüsse wurden mittels GPS Gerät auf Gauß-Krüger Koordinaten eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 3 zu entnehmen.

Aus dem Bohrgut wurden Bodenproben entnommen. An repräsentativen Bodenproben wurden **bodenmechanische Laborversuche** durchgeführt. In Tabelle 1.4-1 ist eine Übersicht der bodenmechanischen Laborversuche dargestellt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind in der Anlage 4 dargestellt.

Versuch	DIN	Anzahl
Korngrößenverteilung	18 123	1
Wassergehaltsbestimmung	18 121	4
Zustandsgrenzen	18 122	4
Proctor	18 127	4
Densitometer	18 125-2	4

Tabelle 1.4-1: Umfang der geotechnischen Laborversuche

Der durch den Gleisschotterschurf gewonnene Schotterfeinanteil wurde im bahneigenen Labor in Brandenburg-Kirchmöser **chemisch** gemäß [U 3] untersucht. Die Auswertung ist in Anlage 5.1 und der Laborbericht in Anlage 5.2 enthalten.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Nach den Erkundungsbohrungen liegt die Geländeoberfläche im Bereich des geplanten Weges auf Höhen zwischen 490,2 m NN und 491 m NN. Die Geländehöhe im Bereich der geplanten Baustelleneinrichtungsfäche (BE) liegt bei 491,2 m NN. Die BE-Fläche und der geplante Wirtschaftsweg lie-



gen vollständig auf einer, zur Zeit der Gutachtenerstellung, unbewirtschafteten Ackerfläche. Nur der Uferbereich der Sächsischen Saale ist mit Bäumen und Sträuchern bewachsen. Die geplante Abzweigung vom Bestandsweg, westlich der Sächsischen Saale, liegt unmittelbar unter der Brücke der Bundesstraße 289.

2.2 Baugrund

Der Untergrund im Projektgebiet wird vom metamorphen Festgestein der Münchberger Gneismasse gebildet [U 4]. Es handelt sich hierbei um Phyllite, tlw. quarzitisch gebändert und Quarzphyllite. Das Festgestein wird im Bereich des geplanten Weges von quartären Sedimenten überlagert. Diese Überdeckung besteht westlich der Sächsischen Saale aus Fließerde, Fließlehm, Wandschutt, in den unmittelbaren Bereichen links und rechts des Flusses aus Talfüllung (Auelehm und Sand über Kies) und östlich der Sächsischen Saale wieder aus Fließerde, Fließlehm, Wandschutt bestehen. Jedoch werden diese im östlichen Bereich von einer großräumigen künstlichen Ablagerung überdeckt [U 4].

Der Baugrund besteht nach der Erkundung unter einem lokal vorhandenen Oberboden bis zur erkundeten Tiefe aus den quartären Lockersedimenten Fließerde und -lehm. Diese werden im Gutachten als Solifluktionböden zusammengefasst. In einer Kleinrammbohrung westlich der Sächsischen Saale wurde der Zersatzhorizont des Phyllits und im unmittelbaren Bereich des Flusses die Talfüllung angetroffen. In der Bohrung östlich der Sächsischen Saale wurde zuoberst die künstliche Auffüllung erkundet, die von den Solifluktionböden unterlagert wird.

Für eine bessere Abgrenzung der Sedimente wurden die in Tabelle 2.2-1 aufgeführten Schichten ausgewiesen. Der im Gleisschotterschurf (SCH 1) beprobte Gleisschotter ist nicht gesondert ausgewiesen.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit [m]	Schicht-UK [m NN]	Bodenbeschreibung	
				Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
1	Oberboden ¹⁾	0,3	490,0	Schluff, sandig, schwach kiesig, humos / oliv	-
2	künstliche Auffüllung ²⁾	0,4	490,6	Kies, schwach tonig, schluffig / dunkelgrau	locker bis mitteldicht
3	Solifluktiionsböden	1,45 und > 1,6	489,8 ³⁾ , <489,0 nicht erkundet	Schluff / Ton, tonig, schluffig, sandig bis stark sandig, tlw. Schwach kiesig / braun, oliv, graubraun	steif bis halbfest, lokal fest
4.1	Talfüllung, gemischtkörnig	1,3	489,2	Sand, stark schluffig, organisch / braun	steif
4.2	Talfüllung, grobkörnig	> 0,7	< 488,5	enggestufter Kies / graubraun	mitteldicht
5	Zersatzhorizont Phyllit ⁴⁾	> 0,55	< 489,8 nicht erkundet	Feinsand, schluffig / oliv	halbfest

1) Nur in der Kleinrammbohrung BS 2 erkundet.

2) Nur in der Kleinrammbohrung BS 4 erkundet.

3) Schichtunterkante nur in der Kleinrammbohrung BS 1 erkundet.

4) Nur in der Kleinrammbohrung BS 1 erkundet.

Tabelle 2.2-1: Baugrundaufbau

In der Kleinrammbohrung BS 1 wurde der Zersatzhorizont des metamorphen Festgesteins angetroffen. Der angetroffene Baugrundaufbau entspricht den Angaben der geologischen Karte [U 4].

Schicht 1 - Oberboden: Die Schicht 1 wurde nur in der Kleinrammbohrung BS 2 angetroffen. Aufgrund ihrer Zusammensetzung ist sie als organischer Schluff anzusprechen.

Schicht 2 - künstliche Auffüllung: Die Schicht 2 wurde nur in der Kleinrammbohrung 4 angetroffen. Sie steht hier zuoberst an und wurde mit einer Mächtigkeit von 0,4 m erbohrt. Die Schicht 2 besteht aus kantigen Kiesen mit schwach toniger und schwach schluffiger Komponente. Sie hat



eine dunkelbraue Farbe und hat nach den Ergebnisse der schweren Rammsonde mit Schlägen von $DPH N_{10} = 3$ bis 5 eine lockere bis mitteldichte Lagerung.

Schicht 3 - Solifluktionsböden: Die Schicht 2 wurde in den Kleinrammbohrungen BS 2 und BS 4 unter der Schicht 1 und Schicht 2 erkundet. In der Kleinrammbohrung BS 1 steht sie zuoberst an und auch nur in dieser Erkundungsbohrung wurde ihre Schichtunterkante erbohrt. Die Schicht 3 hat eine Mächtigkeit bis 1,6 m. Nach den bodenmechanischen Laborversuchen handelt es sich bei der Schicht 3 um Schluffe bzw. Tone mit jeweils tonigen /schluffigen Nebenanteilen. Weiterhin können sie wechselnde Nebengemengteile von Sanden und lokal Kiesen enthalten. Mit der schweren Rammsonde wurden Schläge von $DPH N_{10} = 1$ bis 9 erreicht, die Böden der Schicht weisen somit eine breiige bis steife Konsistenz. Nach den Laborergebnissen wurde eine steife bis halbfeste und lokal eine feste Konsistenz ermittelt. Die feste Konsistenz ist auf inhomogene Bodenverhältnisse in der Schicht 3 zurückzuführen. Die Schlagzahlen der Rammsonde zeigt infolge einer Lagerungsstörung beim Rammvorgange bei wassergesättigten, bindigen, leicht plastischen Böden in der Regel zu geringe Konsistenzen an.

In der Schicht 3 wurden mittels dynamischen Plattendruckversuchen Verformungsmoduln von $E_{vd} 5,82$ und $10,67 \text{ MN/m}^2$ ermittelt (Anlage 6). Weiterhin wurden mittels Densitometer- und Proctorversuchen die Verdichtungsgrade ermittelt. Der Verdichtungsgrad D_{pr} liegt zwischen ca. $67,54$ und $129,76 \text{ g/cm}^3$. Die ermittelte Proctordichte im Bereich der Kleinrammbohrung BS 2 ist auf inhomogene Bodenverhältnisse in der Schicht 3 zurückzuführen.

Schicht 4.1 - Talfüllung, gemischtkörnig: Die Schicht 4.1 wurde nur in der Kleinrammbohrung BS 3 erbohrt und hat eine Mächtigkeit von ca. 1,3 m. Sie setzt sich aus Sanden und stark schluffigen und organischen Gemengteilen zusammen. Die organischen Anteile sind auf die überlagernde Grasnarbe zurückzuführen und nicht in der gesamten Schicht zu erwarten. Die Schicht 4.1 hat eine braune Farbe und nach dem Laborergebnis eine steife Konsistenz.

Schicht 4.2 - Talfüllung, grobkörnig: In der Kleinrammbohrung BS 3 wurde ab 1,3 m unter Ansatzpunkt bis zur Endteufe (2,0 m u. Ansatzpunkt $\hat{=} 488,5 \text{ m NN}$) die Schicht 4.2 als enggestufter Kies erkundet. Die Kiese sind kantengerundet und haben eine graubraune Farbe. Die Lagerung der enggestuften Kiese ist voraussichtlich mitteldicht.



Schicht 5 - Zersatzhorizont Phyllit: Die Schicht 5 wurde nur in der Kleinrammbohrung BS 1 ab 1,45 m u. Ansatzpunkt ($\approx 417,7$ m NN) erkundet. Sie wurde als schluffiger Sand mit halbfester Konsistenz angesprochen. Die Schichtunterkante wurde nicht erkundet.

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Der im Projektgebiet anstehende Phyllit stellt einen Kluft-Grundwasserleiter / Grundwassergeringleiter dar. Gemäß [U 4] besitzt der Phyllit eine geringe bis mäßige Gebirgsdurchlässigkeit. Die überlagernden quartären, feinkörnigen Sedimente haben nur eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit. Daher kommt es auf der Schichtoberkante der Schicht 3 zur Bildung von Stauwasser.

Während der Erkundung im Juli 2014 wurden in den Kleinrammbohrungen BS 3 und BS 4 ab ca. 1,3 m u. Ansatzpunkt und 0,4 m u. Ansatzpunkt ($\approx 489,2$ m NN und 490,6 m NN) Grundwasser angetroffen.

Aufgrund des angetroffenen Stau- bzw. Schichtwassers wird der **Bauwasserstand** auf 0,5 m u. Geländeoberfläche festgesetzt. Der **Bemessungswasserstand für den Endzustand** wird aufgrund der Lage des geplanten Wirtschaftsweges in einer Hochwassergefahrenfläche, auf die Überflutungshöhe von 2,0 m über Geländeoberfläche (ca. 493 m NN) festgesetzt [U 8].

Der geplante Wirtschaftsweges liegt in einer **Hochwassergefahrenfläche** [U 8].

Die **Durchlässigkeit** der angetroffenen Schichten kann gemäß DIN 18 130 folgendermaßen eingeschätzt werden (Tab. 2.3-1).

Schicht - Nr.	Schichtbezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Durchlässigkeit DIN 18 130
2	künstliche Auffüllung	$1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$	durchlässig bis schwach durchlässig
3	Solifluktionböden	$1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-9}$	durchlässig bis sehr schwach durchlässig
4.1	Talfüllung, gemischtkörnig	$1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$	durchlässig bis schwach durchlässig



Schicht - Nr.	Schichtbezeichnung	Durchlässigkeitsbe- wert [m/s]	Durchlässigkeit DIN 18 130
4.2	Talfüllung, grobkörnig	$> 1 \cdot 10^{-2}$	sehr stark durchlässig
5	Zersatzhorizont Phyllit	$1 \cdot 10^{-7}$ bis $1 \cdot 10^{-9}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeiten der geotechnischen Schichten

2.4 Chemische Laborversuche

Zur Ermittlung der Einbauklassen des Schotterfeinanteils wurden gemäß Ril 880 [U 3] die aus der Feinfraktion (0 - < 22,4 mm) ermittelten Analyseergebnisse auf die Gesamtfraktion (0 – 63 mm) hochgerechnet. Gemäß [U 3] wurde von einem Feinkornanteil von 25 % ausgegangen.

Das Laborergebnis (Prüfbericht, Anlage 5.2) des Schotterfeinanteils wurde den Zuordnungswerten der Ril 880 in Anlage 5.1 gegenübergestellt.

In Tabelle 2.4-1 ist das maßgebende Ergebnis zusammengestellt.

Probe	Parameter	Konzentration (Feinkornanteil)	Einstufung
SCH 1	PAK	4,15 mg/kg	Z 1.1

Tabelle 2.4-1: Untersuchungsergebnis gemäß Ril 880

Der zu verwertende Altschotter im Bereich des durchgeführten Gleisschotterschurfs SCH 1 ist dem Zuordnungswert 1.1 zuzuordnen.

Die Verwertungsmöglichkeiten sowie die Einschränkungen in Abhängigkeit der Einbauklassen sind dem Abfall-Merkblatt Nr 3.4/2 [U 7] zu entnehmen.



2.5 Bodenmechanische Laborversuche

Zur detaillierteren bodenmechanischen Bewertung der anstehenden Böden sowie zur Klassifizierung und Festlegung der Bodenkennwerte wurden von der Dr. Spang GmbH an ausgewählte Bodenproben bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- Bestimmung des Wassergehalts nach DIN 18 121 (Anlage 4.1);
- Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 (Anlage 4.2);
- Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach DIN 18 123 (Anlage 4.3);
- Bestimmung der Proctordichte nach DIN 18 127 (Anlage 4.4).

Es wurde der Wassergehalt von Bodenproben der Schicht 3 und Schicht 4.1 untersucht. Der Wassergehalt von untersuchten Proben aus der Schicht 3 liegt zwischen 12,8 % und 37,4 % und in der Bodenprobe der Schicht 4.1 bei 18,5 %.

In der Tabelle 2.5-1 sind die Ergebnisse der durchgeführten Sieb- und Schlämmanalyse anhand des kennzeichnenden Feinkomanteils sowie der Klassifizierung nach DIN 4022 und DIN 18 196 getrennt nach der Bodenart dargestellt. Die zugehörige Sieblinie ist in der Anlage 4.3 beigefügt.

BS	Tiefe [m]	Schicht	Feinkornanteil ¹⁾ ca. [Gew.-%]	Bodenart nach DIN 4022
1	0 - 0,5	3	50	U, s*, g, t'

¹⁾ Korndurchmesser $\leq 0,063$ mm

Tabelle 2.5-1: Ergebnis der Siebung

Bei den untersuchten Solifluktionssböden (Schicht 3) handelt es sich nach vorliegender Körnungslinie um **schwach tonige, kiesige, stark sandige Schluffe**. Weiterhin wurden an drei Proben aus der Schicht 3 und aus einer Probe aus der Schicht 4.1 Plastizitätsuntersuchungen nach DIN 18 122 zur Bestimmung der Atterberg'schen Zustandsgrenzen durchgeführt. In Tabelle 2.5-2 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Die Detailergebnisse inkl. der Darstellung im Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE können der Anlage 4.2 entnommen werden.



Probe	Tiefe [m]	Schicht	w [%]	w _L [%]	w _p [%]	I _p [%]	I _c [-]	Bodengruppe DIN 18 196
BS 1	0,5 - 1,45	3	15,8	30,8	22,1	8,7	1,72	ST / TL
BS 2	0,3 - 1,0	3	24,8	37,3	25,8	11,5	1,09	TL / UM
BS 3	0,1 - 1,3	4	24,3	28,6	23,2	5,4	0,8	UL
BS 4	0,4 - 1,4	3	18,9	33,6	17,6	16,0	0,92	TL

w = Wassergehalt, w_L = Fließgrenze, w_p = Ausrollgrenze, I_p = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl

Tabelle 2.5-2: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung

Angesichts der gemessenen Plastizitätszahlen I_p und der Fließgrenzen w_L ist der untersuchte Boden der Schicht 3 gemäß des Plastizitätsdiagrammes nach Casagrande den Bodengruppen ST, UM, UL und TL zuzuordnen.

Aus den bestimmten Wassergehalten (w, w_L, w_p) und berechneten Konsistenzzahlen I_c lässt sich folgende Beziehung herstellen:

Zustandsform des Bodens	Konsistenzzahl I _c [-]
breiig	0 ¹⁾ bis 0,5
weich	0,5 bis 0,75
steif	0,75 bis 1,0 ²⁾
halbfest	1,00 bis 1,25
fest	> 1,25

¹⁾ Fließgrenze w_L, ²⁾ Ausrollgrenze w_p

Tabelle 2.5-3: Beziehung zwischen Zustandsform und Konsistenzzahl

Aus dem Vergleich der Tabelle 2.5-2 und 2.5-3 bzw. der Versuchsauswertung wird deutlich, dass der Boden der Schicht 3 eine steife bis halbfeste, lokal eine feste Konsistenz, und die Schicht 4.1 eine steife Konsistenz besitzt. Die feste Konsistenz in der Schicht 3 deutet auf inhomogene Bodenverhältnisse innerhalb der Schicht 3 hin.

Es wurde die Dichte des Bodens (Schicht 2.1, Schicht 3 und Schicht 4.1 unmittelbar unter dem Oberboden) mit einem Densitometer nach DIN 18 125 bestimmt (siehe Anlage 4.6). In der Tabel-



le 2.5-4 sind die Wassergehalte und die ermittelten Trockendichten der untersuchten Bodenproben zusammengefasst.

Probenahmestelle	Schicht	Wassergehalt [%]	Trockendichte [g/cm ³]
BS 1	3	22,78	1,291
BS 2	3	15,34	2,203
BS 3	4.1	17,84	1,780
BS 4	2	40,10	1,341

Tabelle 2.5-4: Beziehung zwischen Zustandsform und Konsistenzzahl

In der Bodenprobe der Schicht 2 wurden ein Wassergehalt von 40,1 % und eine Trockendichte von 1,341 g/cm³ ermittelt. In den Bodenproben der Schicht 3 wurden Wassergehalte zwischen 15,34 und 22,78 % und Trockendichten zwischen 1,291 und 2,203 g/cm³ ermittelt. Der Wassergehalt in der Bodenprobe der Schicht 4.1 liegt bei 17,84 % und die Trockendichte bei 1,780 g/cm³.

Weiterhin wurden der optimale Wassergehalt und die Proctordichte ermittelt (siehe Anlage 4.5). In Tabelle 2.5-5 sind die Ergebnisse der Proctor- und Densitometerversuche an der Schicht 2.1 zusammengefasst sowie der Verdichtungsgrad dargestellt.

Entnahmeort	Tiefe [m]	Schicht	Feuchtdichte [g/cm ³]	Wassergehalt [%]	Trockendichte [g/cm ³]	100 % Proctordichte [g/cm ³]	optimaler Wassergehalt [%]	Verdichtungsgrad D _{Pr}
BS 1	0,3	3	1,586	22,78	1,291	1,912	13,9	67,54
BS 2	0,3	3	2,541	15,34	2,203	1,698	18,30	129,76
BS 3	0,3	4.1	2,097	17,84	1,780	1,802	16,2	98,77
BS 4	0,3	2	1,878	40,10	1,341	1,428	28,0	93,88

Tabelle 2.5-5: Ergebnisse aus den Proctor- und Densitometerversuchen

Der günstige Wassergehalt für den Wiedereinbau liegt in der Schicht 2 bei 28 % und die Proctordichte bei 93,88 g/cm³. Für die Schicht 3 wurde ein günstiger Wassergehalt zwischen 13,9 und 18,3 % und eine Proctordichte zwischen 67,54 und 129,76 g/cm³ ermittelt. Die ermittelte Proctordichte im Bereich der Kleinrammbohrung BS 2 ist auf inhomogene Bodenverhältnisse in der Schicht 3 und somit auf eine Probenahme aus unterschiedlichen Böden der Schicht 3 zurückzuführen. In der Schicht 4.1 wurden ein günstiger Wassergehalt von 16,2 % und eine Proctordichte von



98,77 % ermittelt. Nach den Ergebnissen der Laborversuche gibt es eine starke Streuung der Werte innerhalb der Schicht 3 (Tabelle 2.5-5).

2.6 Geotechnische Besonderheiten

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet in keiner **Erdbebenzone** und wird daher in keine Untergrund- und Baugrundklasse eingeteilt.

Das Projektgebiet befindet sich nach RStO 12 [U 2] in der **Frosteinwirkungszone III**.

Die Herstellung des geplanten Weges liegt in einer **Hochwassergefahrenfläche**. Die Überflutungstiefe liegt > 1 bis 2 m über Geländeoberfläche [U 8].

Von dem im Projektgebiet anstehenden Solifluktsböden geht eine Rutschgefährdung aus.

Die **Rammpbarkeit** der Bodenschicht für Spundwände und Träger ist nach [U 5] folgendermaßen einzuschätzen:

Schicht-Nr.	Rammpbarkeit
2	leicht rammpbar bis schwer rammpbar ¹⁾
3	leicht rammpbar
4.1	leicht rammpbar bis schwer rammpbar
4.2	schwer rammpbar bis sehr schwer rammpbar
5	mittelschwer bis sehr schwer rammpbar

1) Es können Fremdbestandteile (typ. Auffüllmaterialien) enthalten sein, die die Rammpbarkeit erschweren.

Tabelle 2.5-1: Rammpbarkeit der Bodenschicht

Sollten Eingriffe in den Untergrund > 2 m u. Geländeoberfläche erforderlich werden (4172 m NN), kann das Festgestein angetroffen werden. Das Festgestein ist nicht rammpbar.



3. BODENKENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Nach den Erkundungsergebnissen sowie den Archivunterlagen lassen sich die im Projektgebiet zu erwartenden Böden wie folgt geotechnisch klassifizieren.

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300	Frostempfindlichkeit ¹⁾	Verdichtbarkeit ²⁾
2	künstliche Auffüllung	A [GU / GT]	3, (5) ⁴⁾	F 2	V 1
3	Solifluktionsböden	TL, UL, UM, ST	3, 4, (2) ³⁾	F 2, F 3	V 1, V 3
4.1	Talfüllung, gemischtkörnig	SU*, UL	4, (2) ³⁾	F 3	V 2 - V 3
4.2	Talfüllung, grobkörnig	GE	3	F 1	V 1
5	Zersatzhorizont Phyllit	SU*	4	F 3	V 2

1) Nach ZTV E-StB 09, Tab. 1 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).

2) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar V3 = schwer verdichtbar.

3) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in Bodenklasse 2 nach DIN 18 300 übergehen.

4) Bodenklasse 5 bei höchstens 30 % Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

3.2 Bodenkennwerte

Auf der Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden lassen sich die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Undrainierte Kohäsion	Steifemodul
		γ_k [kN/m ³]	γ_k' [kN/m ³]	ϕ_k' [°]	c_k' [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}^{1)}$ [MN/m ²]
2	A [GU / GT]	17	9,5	30	0	0	20 - 40
3	TL, UL, UM, ST	18	9,5	27	5	20 - 30	5 - 12
4.1	SU*, UL	19	10,5	27,5	2 - 5	20 - 25	6 - 12
4.2	GE	18	10	35	0	0	30 - 50
5	SU*	19,5	12	30	0	0	20 - 30

1) Ermittlung des Steifemoduls $E_{s,k}$ für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m²

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

Die Werte gelten für mindestens mitteldicht gelagerte bzw. mindestens steife bis halbfeste Böden, sofern nicht anders angegeben.

4. FOLGERUNGEN

4.1 BE-Fläche

Im Bereich der BE-Fläche wurden bis 1,45 m u. Ansatzpunkt (491,2 m NN) feinkörnige Böden der Schicht 3 erkundet. Darunter folgt der Zersatzhorizont des Phyllits. Die Böden der Schicht 3 sind sehr frostempfindlich, schlecht tragfähig und stark bewegungsempfindlich. Sie besitzen einen Feinkornanteil > 15 % und können daher bei Wassersättigung (Schicht- / Sickerwasser) und dynamischer Belastung von der Bodenklasse 4 in die Bodenklasse 2 nach DIN 18 300 übergehen und sind dann nur eingeschränkt bautechnisch nutzbar. Es sind daher im Bereich der BE-Fläche Zusatzmaßnahmen erforderlich.



4.2 Geplanter Wirtschaftsweg

Unter dem Oberboden (Schicht 1) und der künstlichen Auffüllung (Schicht 2) wurden bis 1 m unter Geländeoberfläche (489,2 m NN bis 490,5 m NN) die feinkörnigen Böden der Schicht 3 und gemischtkörnigen Böden der Schicht 4.1 erkundet. Die Böden sind aufgrund ihres Feinkornanteils mittel bis sehr frostempfindlich und werden daher den F 2 und F 3 Böden zugeordnet.

Da die F 2 Böden nur untergeordnet anstehen, sollte die Planung des frostsicheren Oberbaus mit F 3 Böden erfolgen.

Unabhängig von der Belastungsklasse und Bauweise des geplanten Wirtschaftsweges ist im Erdplanum ein $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Die Mindestanforderung an die Frostschuttschicht ist nach Festlegung der Belastungsklasse und Bauweise der [U 2] zu entnehmen.

Die Verdichtungsanforderung an das Erdplanum, kann bei den Böden der Schicht 3 und Schicht 4.1 aufgrund der Zusammensetzung mit dem hohen Feinkornanteil und der damit verbundenen schlechten Tragfähigkeit und Verdichtbarkeit nicht erreicht werden (siehe Kapitel 2.5). Es sind daher Zusatzmaßnahmen erforderlich.

Der **Bodenaushub** erfolgt in Lockergesteinen der Bodenklassen 3 bis 5 nach DIN 18 300. Hinsichtlich der Lösbarkeit sind keine Schwierigkeiten zu erwarten.

Nicht zum Bodenaushub gehört „Mutterboden“ (humoser Oberboden). Für diesen gelten im Hinblick auf den Verwendungszweck besondere Schutzbestimmungen. Nach § 202 BauGB ist Mutterboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen [U 6].

Die bindigen Böden der Schicht 3 und Schicht 4.1 sind witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten stark bewegungsempfindlich. Sie können bei Lagerungsstörung (z. B. dynamischer Belastung durch Baufahrzeuge) aufweichen und somit von Bodenklasse 4 in Bodenklasse 2 übergehen. Diese Böden sind daher vor Witterungseinflüssen zu schützen und dynamische Belastungen zu vermeiden.



Im Bereich des geplanten Wirtschaftsweges ist mit Schichtenwasser zu rechnen. Es ist daher keine geschlossene Grundwasserhaltung erforderlich. Der Anschluss an die Anrampungen der Furt wird gemäß Planung [U 1] oberhalb des Einflussbereiches der Sächsischen Saale hergestellt, so dass auch hier keine geschlossene Grundwasserhaltung erforderlich werden wird.

4.3 Anrampungen und Furt

In der Sächsischen Saale soll eine Furt angelegt werden, die beidseitig durch Anrampungen an den geplanten Wirtschaftsweg anschließt. Die Kleinrammbohrung BS 3 wurde im Uferbereich des Flusses abgeteuft. Nach den Erkundungsergebnissen ist bis in eine Tiefe von 1,3 m u. Ansatzpunkt (489,2 m NN) mit F 3 Böden (Schicht 4.1) und dann mit F 1 Böden (Schicht 4.2) zu rechnen. Ob F 1 oder F 3 Böden in der Sohle der geplanten Furt anstehen, ist von der Tiefe der Gründungssohle abhängig.

Im Bereich der Anrampungen stehen in Abhängigkeit der Neigung voraussichtlich überwiegend F 3 Böden an (Schicht 3 und 4.1). Bei der Befestigung der Anrampungen ist auf die Frostsicherheit zu achten. Zusätzlich sind Schutzmaßnahmen vor Auskolkungen und Erosion durch Wellenschlag im Rahmen der Planung vorzusehen.

Das Anlegen einer Furt bedarf, nach Vorabinformation des Wasserwirtschaftsamts Hof, voraussichtlich einer **wasserrechtlichen Genehmigung**. Der Bedarf einer Genehmigung ist beim Landratsamt Hof einzuholen.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Ertüchtigung BE-Fläche

Aufgrund der stark bewegungsempfindlichen F 3 Böden im Bereich der BE-Fläche, ist eine mindestens 0,5 m mächtige Grobschlagschicht einzuwalzen. Vorher ist ein Trennfließ sorgfältig und mit ausreichender Überlappung einzulegen. Sich bildende Spurrillen sind regelmäßig nach zu be-



arbeiten. Nach Abschluss der Baumaßnahme kann die BE-Fläche bei fachgerechter Ausführung wieder vollständig zurückgebaut werden.

5.2 Herstellung Wirtschaftsweg

5.2.1 Oberbau

Der Oberbau muss lagestabil, frost- und erosionssicher ausgebildet werden. Aufgrund der Lage in einer Hochwassergefahrenfläche und dem damit verbundenen Risiko der Verlagerung von Fremdmaterialien / Schadstoffen, empfehlen wir den Oberbau mit einer hydraulisch gebundenen Tragschicht herzustellen. Diese erfüllt auch die zu anfangs genannten Kriterien.

Der Grundwasserflurabstand zwischen Straßenoberbau (+ Bodenaustauschschicht) darf 1 m nicht unterschreiten.

5.2.2 Untergrund

Die im Erdplanum anstehenden F 3 Böden, sind zu entfernen und durch geeignetes Bodenmaterial auszutauschen. Hierzu eignen sich körnige, volumenbeständige Mineralstoffgemische der Körnung 0/45. Das Bodenersatzmaterial ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die erste Lage des Bodenaustauschmaterials (0,1 m) darf nur eingewalzt und nur statisch verdichtet werden.

Für eine Reduzierung des Bodenaustausches sind in der Tabelle 5.1-1 die Dicken eines Bodenaustausches in Abhängigkeit von den ermittelten Tragfähigkeiten (für eine Anforderung von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$) zusammengestellt. Die Erreichbarkeit des geforderten Verformungsmoduls ist mittels Lastplattendruckversuche nachzuweisen und durch die Fachbauüberwachung zu kontrollieren.



erreichtes Verformungsmodul auf dem Erdplanum [MN/m ²]	Dicke des erforderlichen Bodenaustausches [cm]
10	45
15	35
20	25
25	20
30	15
35	15
40	15

Tabelle 5.1-1: Dicke Bodenaustausch in Abhängigkeit von den vorhandenen Tragfähigkeiten des im Erdplanum anstehenden Bodens

Es ist unbelastetes Baustoffmaterial zu verwenden, um einen Eintrag von Schadstoffen infolge einer Überschwemmung in andere Gebiete zu vermeiden.

Im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 2 wurde ein E_{v2} von ca. 20 MN/m² erreicht. Die Dicke des erforderlichen Bodenaustausches in diesem Bereich beträgt ca. 0,25 m. Im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 4 wurde ein E_{v2} von ca. < 10 MN/m² erreicht. Die Dicke des erforderlichen Bodenaustausches in diesem Bereich beträgt mindestens ca. 0,45 m. Im Erdplanum sind geplante Massenabweichungen vorzusehen.

5.3 Anlegung Anrampungen und Furt

Wir empfehlen die Anrampungen und die Furt aufgrund der ungünstigen bodenmechanischen Verhältnisse mittels Rauhpfaster anzulegen. Im Bereich der F 2 und F 3 Böden ist eine Filterschicht mit mineralischen Filter oder ein Geotextil zu verlegen. Bei der Verwendung eines mineralischen Filters ist auf die Filterstabilität zu gewährleisten. Die Anforderungen an die Filterschicht und an das Rauhpfaster sind der DIN 19 657 zu entnehmen.



Da die Anrampungen in den Uferbereich einschneiden, ist es notwendig die Böschungsflanken zu sichern. Die Sicherung sollte nach wasserbaulichen Aspekten erfolgen. Die Vorplanung für die Materialien sowie die Dimensionierung sind auf Grundlage der hydraulischen Daten des Fließgewässers zu bemessen.

5.4 Baugruben

5.4.1 Wirtschaftsweg

Die Herstellung von tiefreichenden **Baugruben** im Bereich des geplanten Wirtschaftsweges ist aus derzeitiger Sicht nicht erforderlich. Grundsätzlich sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten. Aufgrund der im Feld angetroffenen geringen Konsistenzen der anstehenden feinkörnigen Böden (Schicht 3 und 4.1) empfehlen wir nach DIN 4124 mit einem Böschungswinkel von 45° zu böschen. Selbst bei dieser Böschungsneigung können kleinere Ausbrüche aus den Baugrubenböschungen nicht ausgeschlossen werden. Falls dies vermieden soll, muss flacher geböscht werden. Voraussetzung ist die Wasserfreiheit der Böschung.

Feinkörnige Böden sind witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten stark bewegungsempfindlich. Es sind daher dynamische Beanspruchungen dieser Böden zu vermeiden. Der Aushub darf deshalb nur rückschreitend (kein Befahren des Planums) und bei trockener, frostfreier Witterung mit einem Tieflöffelbagger mit gerade Schneide ausgeführt werden. Es wird empfohlen, die Ausschachtung abschnittsweise auszuführen. Die ausgehobenen Bereiche sind sofort mit dem Bodenaustauschmaterial abzudecken. Die erste Lage des Bodenaustauschmaterials (0,1 m) darf nur eingewalzt und bis 0,3 m über Erdplanum nur statisch verdichtet werden. Ab 0,3 m über Erdplanum ist eine dynamische Verdichtung zulässig.

5.5 Wasserhaltung / Entwässerung

Für das Bauvorhaben ist eine offene Wasserhaltung mit einer Seitendrainage im Bereich des geplanten Wirtschaftsweges ausreichend. Anfallendes Tagwasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen.



Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihrer Beseitigung, inkl. das Fassen und geordnete Ableiten des anfallenden Sickerwassers ist gemäß DIN 18 299, VOB Teil C (4.1.10) als Nebenleistung vorzusehen.

Bei der Anordnung der Seitengräben bzw. Tiefenentwässerung ist darauf zu achten, dass die Bodenaustauschschicht und die Trag- sowie Frostschuttschicht, besonders nach einer Überflutung, ausreichend entwässert werden, um Schäden in der Frost- und Auftauperiode zu vermeiden.

5.6 Sonstige Empfehlungen

Vor Herstellung des Straßenoberbaus ist der anstehende Baugrund und das Erdplanum gemäß Normenhandbuch EC 7-1, Abs. 4.3.1 (1) P durch uns zu kontrollieren und abzunehmen.

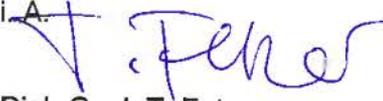
Aufgeweichte Schichten sind vollständig aus Planumbereich zu entfernen und durch geeigneten Ersatzboden zu ersetzen. Im Erdplanum müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehen.

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine **stichprobenartige Bestandsaufnahme**, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen. Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Änderungen in den Planungen bzw. Annahmen ergeben, die diesem Gutachten zugrunde gelegt wurden, so ist die Dr. Spang GmbH vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

(gezeichnet)

Dipl.-Ing. Christian Spang
(Geschäftsführer)

i. A.

Dipl.-Geol. T. Fetzer
(Projektgeologin)



DR. SPANG

Projekt: 35.4016

Seite 24

17.10.2014

- Verteiler:**
- DB Netz AG, Herr Johann Kreupl, Nürnberg, 3 x, davon 1 x vorab per Mail an <Johann.Kreupl@deutschebahn.com>
 - Dr. Spang GmbH, Nürnberg, 1 x