



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTECHNIK MBH

Mailänder Consult GmbH
z.Hd. Herrn Thomas Krannich
Mathystraße 13
76133 Karlsruhe

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	Büro	Datum
35.4130	P4130b150911_HPAlth.docx	CSp/Sa	Esslingen	11.09.2015

Planung Hermann-Hesse-Bahn Haltepunkt Althengstett

- Baugrundgutachten und Gründungsempfehlung -

Auftrag vom 05.12.2014

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: 73734 Esslingen/Neckar, Weilstr. 29, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Rennbahnstraße 72 – 74, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
06618 Naumburg, H.-von-Stephan-Platz 1, Tel. (03445) 762-0, Fax 762-162, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstr. 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de

Banken: Deutsche Bank AG, Esslingen, IBAN: DE46 6117 0024 0010 4299 00, BIC: DEUTDEDB611



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	6
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	10
2.4 Geotechnische Besonderheiten	11
3. BODENKENNWERTE	12
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	12
3.2 Bodenkennwerte	13
4. FOLGERUNGEN	14
4.1 Gründung	14
4.1.1 Bahnsteig	14
4.1.2 Bahnsteigzugang / Rampe	15
4.2 Baugrube	15
4.3 Grundwasserhaltung	16
4.4 Nachbarbebauung	16
4.5 Zusammenfassende Bewertung	17
5. EMPFEHLUNGEN	18
5.1 Gründung	18
5.1.1 Bahnsteig	18
5.1.2 Bahnsteigzugang / Rampe	20
5.2 Baugruben	21
5.3 Wasserhaltung	22
5.4 Sonstige Empfehlungen	22



6. ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 25.000 (2)
- Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 1.000 (2)
- Anlage 3: Geotechnischer Schnitt 1 : 1.000 / 1 : 100 (2)
- Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (1)
- Anlage 4.1: Bohrsondierungen (BS) (7)
- Anlage 4.2: Schwere Rammsondierung (DPH) (2)



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Der Landkreis Calw ist Eigentümer der Bahnstrecke von Weil der Stadt nach Calw. Auf der Strecke ruht seit Ende der 1980er Jahre der Verkehr. Um den Landkreis per Schiene besser an die Landeshauptstadt Stuttgart und an den Wirtschaftsraum Sindelfingen/Böblingen anzubinden, ist eine neuerliche Betriebsaufnahme vorgesehen. Die Strecke muss dazu in ihrem Bestand saniert und technisch modernisiert werden. Vor einer erneuten Verkehrsaufnahme muss die Streckeninfrastruktur umfassend saniert werden. Zur Umsetzung des vom Landkreis gewünschten Betriebsprogramms sind darüber hinaus punktuelle Aus- und Umbauten der Bestandsinfrastruktur erforderlich.

Zwischen km 37,9 und km 38,1 soll der Bahnsteig am Haltepunkt Althengstett neugebaut werden. Der Bahnsteig am geplanten Haltepunkt soll laut [U 3] 0,55 m über SO liegen und eine Länge von 55 m sowie eine Breite von voraussichtlich mindestens 2,5 m aufweisen. Weiterhin ist der Neubau einer Treppe zum Bahnsteig geplant.

1.2 Auftrag

Auf Basis des Angebots A35.7600 vom 19.09.2014 wurde die Dr. Spang GmbH am 19.09.2014 damit beauftragt, für das o.g. Bauvorhaben eine Baugrunderkundung durchzuführen und eine Gründungsberatung zu erarbeiten. Das vorliegende Gutachten behandelt nur den Neubau Haltepunkt Althengstett. Ergebnisse und Empfehlungen zum Streckenbau in diesem Bereich folgen in gesonderten Gutachten.

1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

[U 1] Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>, Stand 01.09.2015.



- [U 2] **Geologische Karten von Baden-Württemberg, Blatt 7218, Calw, 1:25.000 mit Erläuterung;** Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1982.
- [U 3] **Wiederinbetriebnahme der Strecke Weil der Stadt - Calw, Lageplan Haltepunkt Althengstett km 37,8 + 75 bis km 38,1 + 12, Regenquerschnitte,** Mailänder Consult GmbH, Karlsruhe 20.05.2015.
- [U 4] **Lageplan mit Aufschlusspunkten km 37,4+73 - km 38,4 +34, Ausschreibungsplanung LOS B,** Dr. Spang GmbH, Esslingen, 06.02.2015.
- [U 5] **Hermann-Hesse-Bahn, Reaktivierung der Bahnstrecke Weil der Stadt – Calw, Einschnitt "Im Hau", km 39,7+20 - km 40,9+40, Baugrundgutachten und Sicherungsempfehlungen;** Dr. Spang GmbH, Esslingen, 29.05.2015.
- [U 6] **Hermann-Hesse-Bahn, Reaktivierung der Bahnstrecke Weil der Stadt – Calw, Streckengutachten;** Dr. Spang GmbH, Esslingen, Oktober 2015.
- [U 7] **Ingenieurgeologische Gefahren in Baden-Württemberg;** Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i. Br., 2005.
- [U 8] **Reaktivierung der Hermann-Hesse-Bahn von Calw nach Weil der Stadt, Baugrund- und Gründungsgutachten,** Ingenieurbüro Keutner, Stuttgart, 27.11.2013.

1.4 Untersuchungen

Im Untersuchungsbereich wurden am 03.06.2015 durch die Fa. Burkhardt GmbH im Auftrag des LRA Calw **3 Bohrsondierung und 2 schwere Rammsondierungen (DPH)** nach DIN 4094-4 durchgeführt.

Die Aufschlüsse wurden nicht im direkten Bereich der geplanten Bahnsteige abgeteuft, sondern im Abstand von 50 - 80 m entlang der Strecke. Aufgrund der Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass eine Interpolation im Bereich der oberflächennah anstehenden Auffüllungen möglich ist und ausreichend Daten für die Flachgründung der Bahnsteige vorliegen.



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 Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.1 dargestellt. Die schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476 als Rammdiagramme in Anlage 4.2 enthalten.

Sämtliche Aufschlusspunkte aus dem Jahr 2015 wurden durch die Firma Burkhardt GmbH lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind in den Darstellungen in Anlage 4 zu entnehmen.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Der Planungsbereich liegt auf der stillgelegten Strecke der Hermann-Hesse-Bahn , diese verläuft im Untersuchungsgebiet (km 37,9 - km 38,1) in Althengstett aus südwestlicher Richtung kommend entlang der Talebene auf einer Höhe von ca. 512 mNN in Richtung Nordosten.

Die Vegetation besteht aus Ruderalvegetation und ist bautechnisch nicht relevant. Die Bebauung entlang des kurzen Streckenverlaufs umfasst Parkplätze und Abstellflächen der Bahn, Stellwerke, Strom-, Signal- und Leuchtmasten, sowie in ca. 55 m Entfernung Industriebauwerke und in 6 m Entfernung Gebäude des Bahnhofs.

2.2 Baugrund

Der geologische Untergrund im Untersuchungsgebiet stellt sich nach der geologischen Karte wie folgt dar [U 2]:

Die Strecke der Hermann-Hesse-Bahn verläuft im Bereich des Haltepunkts Althengstett im Bereich des **Unteren Muschelkalks und des Oberen Buntsandsteins**. Der Bahnhof befindet sich östlich von einer kleinen tektonischen Störung. Im Süden angrenzend an den Bereich des Bahnhofs befinden sich laut [U 2] lehmige Kies-, Sand- und Sandsteinböden.



Das Projektgebiet ist im Bahnhofsbereich großräumig anthropogen überprägt. Im oberen Schichtbereich stehen daher Auffüllungen (Bahnhofsoberbau, Gleisschotter, Geländeregulierungen, Bauwerkshinterfüllungen, Straßentragschichten, etc.) an.

Beim **Unteren Muschelkalk (muF)** handelt es sich um eine örtlich ca. 4 - 6 m mächtige Gesteinsgruppe, welche aus gelbgrauen, weichen, tonigen, teilweise sandigen dolomitischen Mergeln besteht, in denen immer wieder härtere Dolomitlagen eingeschaltet sind.

Der **Obere Buntsandstein (So)** besitzt eine ungefähre Mächtigkeit von ca. 40 m. Der dunkelrote bis rote Sandstein kann massig, gebankt oder plattig auftreten. Die Verwitterung des Buntsandsteins erfolgt unregelmäßig. Eine genaue Abgrenzung der unterschiedlich verwitterten Schichten in Abhängigkeit von der Tiefe ist daher nicht möglich.

Aus den Erkundungsergebnissen der Bohrsondierungen (**BS 10, BS 11 und BS 12**) und der Rammsondierungen (**DPH 11 und DPH 12**), sowie auf Grundlage des Geotechnischen Streckengutachtens für die Reaktivierung der Bahnstrecke Weil der Stadt - Calw **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, wurden die ausgeführten Schichten ausgewiesen. Die Benennung der Schichten ist in diesem Gutachten nicht zusammenhängend, da in dem hier zu bearbeitenden Untersuchungsgebiet nicht alle Schichten vorkommen, und die Benennung der Schichten für das Gesamtprojekt jedoch einheitlich erfolgt. Die Reihenfolge gibt gleichzeitig die zu erwartende Schichtfolge von oben nach unten an.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit [m]	Schicht-UK [m u. GOK]	Bodenbeschreibung	
				Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
0	Betondecke ²⁾	0,08	0,08	grau	-
1b	Auffüllungen (gemischtkörnig)	0,4 - 5,3	0,9 - 5,6	Kies, feinsandig, schluffig; Schluff, kiesig, feinsandig, tonig / bunt, grau, gelbbraun	weich - steif / locker - dicht
1c	Gleisschotter	0,3 - 0,6	0,7 (0,5) ¹⁾	Kies, steinig, schwach sandig, schluffig / grau, graubraun	mitteldicht - dicht



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht-mächtigkeit	Schicht-UK	Bodenbeschreibung	
2a	Hanglehm, Verwitterungslehm auf Muschelkalk	> 4,5	Schicht - UK nicht erbohrt	Kies, steinig, sandig, schwach schluffig, schwach tonig; Schluff, kiesig, feinsandig, tonig / beige, hellgraubraun	weich - steif / mitteldicht
6a	Freudenstadt-Fm. (Unterer Muschelkalk) - verwittert - angewittert	4 - 6	nicht aufgeschlossen	Mergelstein, Dolomitstein, entfestigt, verwittert, angewittert / hellbraun - grau	halbfest - fest (Fels / verwittert)

- 1) mittlere Schichtunterkante
- 2) nicht in allen Bohrungen erkundet
- 3) Schicht-UK nicht aufgeschlossen

Tabelle 2.2-1: Baugrundaufbau

Der erkundete Baugrundaufbau stimmt mit den stratigraphischen Angaben aus der geologischen Karte [U 2] überein.

Schicht 0 - Betondecke: In einem von den drei abgeteufte Aufschlüssen wurde oberflächennah eine graue Betondecke angetroffen.

Schicht 1b - Auffüllungen (gemischtkörnig): Es wurden in allen Aufschlusspunkten Auffüllungen angetroffen. Bei den Auffüllungen handelt es sich um feinsandige bis sandige, schwach bis stark schluffige, teilweise tonige Kiese und Steine. Die Auffüllungen bestehen auch aus kiesigen, feinsandigen, tonigen Schluffen, welche sehr inhomogen ausgebildet sind und Kalk, Sand, und Dolomitstein Bruchstücke enthalten. Die Konsistenz der Schluffe reicht von weich und steif bis halbfest und die Lagerungsdichte wurde als mitteldicht festgelegt. Das tonige Material weist teilweise auch eine weiche Konsistenz auf. Die Farbe der Auffüllungen reicht von grau, gelbbraun, beige bis bunt.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsonde lagen zwischen $N_{10} = 2 - 19$. Es ergibt sich eine lockere bis dichte Lagerung bzw. eine weiche bis steife Konsistenz. In der Schicht 1b muss mit Rammhindernissen in Form von Grobkies, und Steinen gerechnet werden. Dies belegen die teilweise vereinzelt erhöhten Schlagzahlen.



Schicht 1c - Gleisschotter: Aufgrund der direkten Lage der Aufschlusspunkte im Bahnhofsbe-
reich wurde oberflächennah oft Gleisschotter in den Sondierungen angetroffen. Es handelt sich um
grauen - graubraunen Kies / Steine, welche teilweise sandig und schluffig bzw. kiesig sind.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsonde lagen zwischen $N_{10} = 2 - 15$. Es ergibt sich eine lo-
ckere bis mitteldichte Lagerung. In der Schicht 1c muss mit Rammhindernissen in Form von
Grobkies und Steinen gerechnet werden.

Schicht 2a - Hanglehm, Verwitterungslehm auf Muschelkalk: Bei der als Verwitterungslehm
auf Muschelkalk angesprochenen Schicht handelt es sich laut der Erkundungen um einen kiesi-
gen, feinsandigen, tonigen Schluff bzw. um einen steinigen, sandigen, schwach schluffigen,
schwach tonigen Kies. Das beige bis hellgraubraune Material ist teilweise inhomogen und erd-
feucht.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsonde lagen zwischen $N_{10} = 1 - 24$. Durch den raschen An-
stieg der Schlagzahlen auf 32 kann der Übergang zum angewitterten Festgestein grundsätzlich
abgeschätzt werden. In der Schicht 2a muss grundsätzlich von Rammhindernissen in Form von
gering- bis unverwitterten Zwischenlagen ausgegangen werden.

Schicht 6a - Freudenstadt-Fm. (Unterer Muschelkalk), verwittert - angewittert: Der verwitterte
bis angewitterte Muschelkalk wurde mittels Kleinrammbohrungen verfahrenstechnisch nicht aufge-
schlossen. Der Übergang von verwitterten zum unverwitterten Muschelkalk kann lediglich anhand
der Schlagzahlen abgeschätzt werden. Bei dem anstehenden Muschelkalk handelt es sich über-
wiegend um harte, graue bis beige Kalksteine mit dolomitischen Zwischenlagen.

Der Übergang von Schicht 2a zu Schicht 6a bildet keine regelmäßig ausgebildete Ebene. Es ist in
der Regel mit einem Übergangshorizont von 1 - 3 m Mächtigkeit mit lokalen Sprüngen des Verwit-
terungsgrades von verwittert-zersetzt zu angewittert-unverwittert und entsprechenden kleinräumi-
gen Änderungen der Festigkeiten auszugehen.

Die Schicht 6a ist nicht rammbaar, die Rammsonde steht auf dieser Schicht rasch auf.



2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Bei den Erkundungsarbeiten wurde in allen Aufschlüssen erdfeuchte Verhältnisse angetroffen. Dennoch kann es lokal zur Bildung von Schichtwasser kommen. Schichtwasser bildet sich lokal in den Auffüllungen u.a. dann aus, wenn im Liegenden nicht bzw. schwach durchlässige Böden (Lehme, Tone) bzw. eine abdichtende Schicht (Beton) anstehen.

Der **Bemessungswasserstand** für den Endzustand wird aufgrund der im Projektgebiet angetroffenen bindigen Böden auf **Höhe GOK, ca. 512 mNN** angesetzt. Soweit durch rückstaufreie Drainagemassnahmen der Aufstau bzw. die Entwicklung von Wasserdruck an den jeweiligen Bauwerken/Bauteilen wirkungsvoll verhindert wird, kann der Bemessungswasserstand auf die jeweilige Rohroberkante der Drainage abgesenkt werden. Der **Bauwasserstand** kann basierend auf den in den ausgeführten Aufschlüssen angetroffenen hydrogeologischen Verhältnissen auf **ca. 508 mNN** angesetzt werden. Es ist bis zur GOK mit Stau- und Schichtwässern zu rechnen.

Die Schichten des Unteren Muschelkalks bilden einen bis ca. 40 m mächtigen überwiegend schichtig gegliederten Kluft und/oder Karstgrundwasserleiter, Basis des Grundwasserleiters ist die untere Begrenzung der jeweils wasserleitenden Schicht. Die tiefsten dolomitischen Schichten des Unteren Muschelkalks stellen einen regionalen Grundwasserleiter dar, dessen Basis die Oberkante des als Grundwassergeringleiters einzuordnenden Rötton-Formation des Oberen Buntsandsteins ist. Die Rötton-Formation trennt die regionalen Grundwasserstockwerke von Muschelkalk und Buntsandstein.

Die im Liegenden anstehenden Sandsteine des Oberen Buntsandsteins bilden einen regionalen Grundwasserleiter, der vor allem von Wasserwegsamkeiten entlang von Kluftsystemen dominiert wird.

Lokaler **Vorfluter** ist der Tälesbach, dessen Quelle sich am südöstlichen Ortsrand von Althengstett befindet. Das vier Kilometer lange Gewässer fließt verdolt durch Althengstett und tritt am südwestlichen Ortsrand wieder ins Freie. Im Calwer Stadtteil Hirsau mündet er von Osten in die Nagold.

Das Projektgebiet liegt in keinem Wasserschutzgebiet, es befindet sich auch kein Wasserschutzgebiet im Abstrombereich [U 1]. Eine Hochwassergefährdung im Untersuchungsgebiet ist laut Angaben des LRA Calws nicht zu erwarten.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeit k_f [m/s]
1b	Auffüllungen (gemischtkörnig)	1×10^{-7} bis 1×10^{-3}
1c	Gleisschotter	$> 1 \times 10^{-3}$
2a	Hanglehm, Verwitterungslehm auf Muschelkalk	1×10^{-8} - 1×10^{-5}
6a	Freudenstadt-Fm. (Unterer Muschelkalk) - verwittert - angewittert	1×10^{-6} - 1×10^{-9} (schichtig gegliederter Kluft-/Karstgrundwasserleiter)

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeiten

Eine Wasseranalyse auf **Betonaggressivität** des Grundwassers nach DIN 4030 und **Stahlaggressivität** nach DIN 50 929 wurde auftragsgemäß im Untersuchungsgebiet nicht durchgeführt. In der Regel ist Grundwasser das kalkhaltige Locker- und Festgesteine durchflossen hat, als nicht betonangreifend und nicht stahlangreifend einzustufen. Soweit maßgebend sollte die vorstehende Einschätzung vor Ausführung durch direkte Analysen abgesichert werden.

2.4 Geotechnische Besonderheiten

Nach DIN EN 1998-1 / NA:2011-01 liegt das Baufeld in der **Erdbebenzone I**. Der Untergrund ist der geologischen **Untergrundklasse R** (Gebiet mit felsartigem Gesteinsuntergrund) und der **Baugrundklassen A bis C** (unverwittert bis stark verwittert) einzuordnen.

Das Baufeld befindet sich nach RStO 12 im **Frosteinwirkungszone II** bzw. nach RIL 836 in **Frosteinwirkungsgebiet II**.

Das Projektgebiet befindet sich laut [U 1] im **Naturpark Schwarzwald Nord/Mitte** (Schutzgebiet-Nr.7) und liegt teilweise im Biotop Gehölze an der ehemaligen Bahnlinie Althengstett (Biotop-Nr. 172182350186).

Die Rammbarkeit der Schichten im Untersuchungsgebiet kann aufgrund der Schlagzahlen der schweren Rammsonde wie folgt angesetzt werden:



Schichten	Beschreibung
1b Auffüllungen (gemischtkörnig)	leicht bis mäßig rammbar, mit Rammhindernissen ist zu rechnen
1c Gleisschotter	mäßig rammbar
2a Hanglehm, Verwitterungslehm auf Muschelkalk	leicht bis mäßig rammbar, mit Rammhindernissen ist zu rechnen
6a Freudenstadt-Fm. (Unterer Muschelkalk) - verwittert - angewittert	nicht rammbar

Tabelle 2.4-1: Rammbarkeit der Bodenschichten

Bei mäßig rammbaren Böden und Böden die Rammhindernisse enthalten können (Schicht 1b und Schicht 2a) ist bei Rammarbeiten davon auszugehen, dass die Arbeiten ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen möglich sind. und das in Abhängigkeit der erforderlichen Einbindetiefe ein Vorbohren mittels Lockerungs- bzw. Austauschbohrungen erforderlich wird. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

3. BODENKENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

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

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300	Klassifizierung nach DIN 18301	Frostempfindlichkeit ¹⁾	Verdichtbarkeit ²⁾
1b	Auffüllungen (gemischtkörnig)	GW, GU, GU*	3 - 5 (6 - 7) ³⁾	BN 1 - BN 2, BS 1 - BS4	F1 - F3	V1 - V2
1c	Gleisschotter	GE	3 - 4	BN 1	F1	V1
2a	Hanglehm, Verwitterungslehm auf Muschelkalk	UL, TL, TM, TA, GT, GU*	3 - 5 (2) ⁶⁾	BN 1 - BN 2, BB 2 - BB 3, BS 1 - BS 4	F3	V2 - V3 ³⁾



Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300	Klassifizierung nach DIN 18301	Frostempfindlichkeit ¹⁾	Verdichtbarkeit ²⁾
6a	Freudenstadt-Fm. (Unterer Muschelkalk) - verwittert - angewittert	((Dst, Mst)) / (Dst, Mst) / GU*, TM, TL, TA	5 / 6	FV 1 - FV 3, FD 1 - FD 2	F2 - F3	V2 - V3 ⁵⁾

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 6 und 7 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt

5) Bezeichnung nach DIN 4023

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

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 γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	Undrained Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ ¹⁾ [MN/m ²]
1b	Auffüllungen (gemischtkörnig)	18	10	25	2	5 - 10	5 - 15
1c	Gleisschotter	18	10	37,5	-	-	40 - 60
2a	Hanglehm, Verwitterungslehm auf Muschelkalk	20	10,5	25	10	35	8 - 12



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Rei- bungs- winkel	Kohä- sion	Undrai- nierte Kohäsion	Steife- modul
		γ_k	γ_k'	φ_k'	c_k'	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$ ¹⁾
6a	Freudenstadt- Fm. (Unterer Muschelkalk) - verwittert - angewittert	26,5	16,5	27,5	15	35	25

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

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

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

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

4.1.1 Bahnsteig

Der Bahnsteig soll nach den vorliegenden Angaben aus [U 3] 0,55 m ü. SOK liegen. Angaben zur Gründungssohle liegen nicht vor. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass ein normaler Regelaufbau für Bahnsteigkantenbetonfertigteile eingehalten werden soll.

Die frostsichere Gründung des Bahnsteigs muss unter Berücksichtigung des Frosteinwirkungsgebiets bei mind. 1,0 m unter GOK liegen. Nach derzeitigem Planungsstand [U 3] ist die Herstellung des Bahnsteigs mit Hilfe von Bahnsteigkantenfertigteilen sowie Betonfertigteilfundamenten geplant. Die Gründungssohle für die Fertigteile liegt bei einer ungefähren Tiefe von 1,2 m u. SOK. Bei dieser Tiefenlage kommen die Fundamente des Bahnsteigs in den gemischtkörnigen Auffüllungen (Schicht 1b) zu liegen. Diese Schicht ist nur bedingt als Gründungshorizont geeignet.

Treten die Auffüllungen in Form von Kiesen auf, sind diese grundsätzlich als Gründungshorizont geeignet. Auffüllungen in Form von Schluffen sind nicht als Gründungshorizont geeignet. Zusatz-



maßnahmen zur Baugrundverbesserung sind in diesem Fall zwingend erforderlich. Dies kann durch einen Bodenaustausch unterhalb der Gründung aus frostsicherem, gut verdichtbarem, rolligem, steinfreiem Material (Bodenklasse nach DIN 18 196: GW, SW, GI, SI) erfolgen. Der Bodenaustausch muss, um den Lastabtrag zu gewährleisten, einen seitlichen Überstand mindestens in Auftragsstärke haben.

4.1.2 Bahnsteigzugang / Rampe

Der Bahnsteigzugang liegt laut [U 3] ca. 0,5 m u. SOK. Der Baugrund in dieser Tiefe besteht aus den gemischtkörnigen Auffüllungen der Schicht 1b sowie dem Gleisschotter der Schicht 1c. Entsprechend RStO wird ein frostsicherer Oberbau von mindestens 0,3 cm erforderlich.

Für den Baugrund von Rad- und Gehwegen gelten laut RStO Mindestanforderungen an die Tragfähigkeit bzw. die Verdichtung des **Planums** von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ und der **Frostschuttschicht** von $E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2$. Die geforderten Tragfähigkeitswerte sind mit den im Baugrund anstehenden unterschiedlichen Auffüllungen je nach Feinkornanteil nur bedingt zu realisieren. Aufgrund der durch die Auffüllungen bedingten heterogenen Baugrundverhältnisse, werden daher Zusatzmaßnahmen zur Baugrundverbesserung zwingend erforderlich. Dies kann durch einen Bodenaustausch unterhalb der Gründungssohle erfolgen.

Für den Bodenaustausch ist gut verdichtungsfähiges Material (z.B. Schotter der Körnung 0/45 mm bzw. Bodenklasse nach DIN 18 196: GW, SW, SI, GI) zu verwenden. Es ist ein seitlicher Überstand mindestens in der Auftragsstärke vorzusehen.

4.2 Baugrube

Es werden im Bereich des Bahnsteigs ca. 1,3 m u. SOK tiefe Baugruben erforderlich. Die Baugruben für die Herstellung des Bahnsteigzugangs / Rampe weisen nur eine Tiefe von ca. 0,5 m u. SOK auf.

Die Baugruben können bei ausreichenden Platzverhältnissen prinzipiell frei geböscht werden. Allerdings befindet sich das Untersuchungsgebiet unmittelbar neben der Strecke der Hermann-



Hesse-Bahn und grenzt an die bestehende Strecke an. Hier wird aufgrund der Regelung der DIN 4124 und Ril 836 Modul 43 ein Baugrubenverbau benötigt. Derzeit ruht der Bahnverkehr auf der Strecke. Sofern die Gleise im Zuge der Wiederinbetriebnahme der Strecke erneuert werden, ist ein Baugrubenverbau bzw. ein Gleislängsverbau zur Sicherstellung einer ungestörten Gleislage nicht erforderlich. Werden die vorhandenen Gleise nicht erneuert, ist ein Verbau der Baugruben notwendig, um Störungen der Gleislage zu verhindern. Ein Verbau wird außerdem notwendig, wenn die vorhandenen Gleise ggf. von Baufahrzeugen befahrbar bleiben sollen. Als Verbauarten sind grundsätzlich Spundwände oder Bohlträgerwände möglich.

4.3 Grundwasserhaltung

Aufgrund der hydrogeologischen Situation und des festgelegten Bauwasserstandes im Untersuchungsgebiet ist nicht mit Grundwasser zu rechnen. Von Bedeutung ist jedoch das Schicht- und Sickerwasser, das sich sowohl in bzw. auf den bindigen Böden im gesamten Projektgebiet aufstauen kann, bzw. in Form von Sickerwässern aus Böschungen austreten kann.

Eine ist daher während der Bauzeit eine offene (Rest-) Wasserhaltung zur Fassung und Ableitung von eventuell anfallendem Schicht-, Stau- und Sickerwässern sowie Oberflächenwasser erforderlich.

4.4 Nachbarbebauung

Der bestehende Bahnsteig wird größtenteils abgebrochen bzw. zurückgebaut. Die Bauarbeiten beeinflussen die benachbarten Gleise nicht, da die Strecke stillgelegt ist. Im Zuge der Wiederinbetriebnahme der Strecke ist eine Erneuerung des Oberbaus geplant. Für den Bau des Bahnsteigs hat dies nach unserem Kenntnisstand keine Auswirkungen, da der Gleisbau nach dem Bau des Haltepunktes erfolgen soll. Dafür wird der Oberbau der bestehenden Gleise komplett ersetzt. Im Zuge der Bauablaufplanung muss eine Abstimmung von Streckenbau und Ausbau der Haltepunkte erfolgen, falls die vorhandenen Gleise für Baufahrzeuge befahrbar bleiben sollen.

Im Baufeld befindliche Leitungen sind zu sichern und ggf. zu verlegen.



4.5 Zusammenfassende Bewertung

Die Gründungsverhältnisse werden in der Tabelle 4.5-1 zusammenfassend beurteilt.

Insgesamt ist aufgrund der vorherrschenden geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten von mittleren Gründungsverhältnissen auszugehen.

Baugrundeigenschaften	günstig	mittel	ungünstig	Bemerkungen
Tragfähigkeit	X	X	X	Auffüllungen, gemischtkörnig (Schicht 1b) Gleisschotter (1c) Hang- u. Verwitterungslehm (Schicht 2)
Frostempfindlichkeit	X	X	X	Auffüllungen, gemischtkörnig (Schicht 1b) Gleisschotter (1c) Hang- u. Verwitterungslehm (Schicht 2)
Verdichtungsfähigkeit	X	X	X	Auffüllungen, gemischtkörnig (Schicht 1b) Gleisschotter (1c) Hang- u. Verwitterungslehm (Schicht 2)
Wiedereinbaufähigkeit		X	X X	Auffüllungen, gemischtkörnig (Schicht 1b) Gleisschotter (1c), Herbizide Hang- u. Verwitterungslehm (Schicht 2)
Lösbarkeit	X X	X	(X)	Auffüllungen, gemischtkörnig (Schicht 1b) Gleisschotter (1c) Hang- u. Verwitterungslehm (Schicht 2), unverwitterte Zwischenlagen möglich
Grundwasserstand		X		Bau-/Bemessungswasserstand GOK, jedoch geringer Wasserandrang
Besonderheiten:				
Bodenbelastung			X	ggf. Herbizide bei Gleisschotter, Gutachten dafür folgt; Aushubmaterial nicht bewertet
Morphologie	X			Bahnstrecke in etwa geländegleich
Nachbarbebauung	X			Lage im direkten Bahnhofsbereich, Strecke jedoch stillgelegt

Tabelle 4.5-1: Klassifizierung der Baugrundverhältnisse.

Die Baugrundverhältnisse werden für das Bauvorhaben insgesamt als günstig eingeschätzt. Das Bauvorhaben ist aufgrund inhomogenen Bodenverhältnisse und der allgemeinen geologischen Gegebenheiten in die Geotechnische Kategorie GK 2 nach Handbuch EC 7 A 2.1.2 einzustufen.



5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Gründung

5.1.1 Bahnsteig

Die Bahnsteige sind frostfrei in einer Tiefe von 1,0 m u. GOK bzw. 1,2 m u. SOK zu gründen. Bei dieser Tiefenlage kommen die Fundamente des Bahnsteigs in den gemischtkörnigen Auffüllungen der Schicht 1b bzw. im Gleisschotter der Schicht 1c zu liegen. Diese Schichten sind in Abhängigkeit vom Feinkornanteil nur bedingt als Gründungshorizont geeignet. Es wird daher zur Vereinheitlichung ein 0,5 m mächtiger Bodenaustausch unterhalb der Gründung erforderlich.

Für den Bodenaustausch sind nicht frostempfindliche, verwitterungsbeständige Bodenarten vorzusehen. Es handelt sich dabei um Bodenarten wie GW, GE, SE, SI gemäß DIN 18 196, wobei die Bodenarten GE und SE nur bei einem Ungleichförmigkeitsgrad von $U \geq 3$ verwendet werden dürfen. Es können z.B. Sand-Kies-Gemische 0/45 oder 0/56 verwendet werden. Bei günstigen Witterungsverhältnissen kann ggf. auch durch Einwalzen von Grobschlag in den bindigen Böden eine ausreichende Tragfähigkeit erzielt werden. Das Austauschmaterial sollte nur schwach durchlässig sein. Ein erforderlicher Überstand des Bodenaustausch ist zu berücksichtigen.

Sofern der Einbau der Planumsschutzschicht bzw. des Bodenaustauschs nicht unmittelbar nach dem Aushub erfolgt, ist das Planum zum Schutz gegen Niederschläge mit einer Baufolie abzudecken. Es ist gegebenenfalls auch gegen Frost zu schützen.

Der Aushub in den schluffigen Auffüllungen der Schicht 1b, oder sollte unerwartet Hang- oder Verwitterungslehm der Schicht 2a anstehen, ist mit gerader Schneide herzustellen, um Auflockerungen des Planums möglichst gering zu halten. Bindiger Boden in der Gründungssohle muss mindestens steife Konsistenz aufweisen und darf nicht aufgeweicht sein. Nichtbindige Auffüllungen in der Gründungssohle müssen mindestens mitteldichte Lagerung aufweisen. Vorhandene Steine in der Auffüllung sind zu entfernen und durch geeignetes Material auszugleichen.

Die Aushubsohle ist statisch nachzuverdichten, ggf. wird das Einwalzen von 0,3 m Schotter in der Aushubsohle erforderlich, wenn Lagerungsstörungen bzw. aufgeweichte Böden angetroffen werden. Auf eine filterfeste Ausbildung des Bodenaustauschmaterial gegenüber der teilweise angren-



zenden bindigen Bodenschicht ist zu achten. Der erforderliche Bodenaustausch ist filterfest an den bindigen Boden anzuschließen, bei einer Gesteinskörnung 0/45 ist dies in baupraktisch ausreichendem Umfang gegeben.

Die Bahnsteige können über Streifenfundamente auf dem oben genannten Bodenaustausch gegründet werden. Für Streifenfundamente kann in Abhängigkeit von der Breite der Fundamente und der Einbindetiefe ein Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ gemäß Tabelle 5.1.1-1 angesetzt werden. Die Setzungen werden dabei auf ein Maximalmaß von 2 cm begrenzt. Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstands berücksichtigt einen Bodenaustausch von 0,5 m. Die in Tabelle 5.1-1 angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands gelten für eine Vorbemessung.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
1,0	220	200	160	140	130	120
1,5	300	200	160	140	130	120
2,0	330	210	170	150	130	130

ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

Tabelle 5.1-1: Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente nach EC 7 auf der Schicht 1b und dem Bodenaustausch von 0,5 m unter Begrenzung der Setzungen auf 2 cm

Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstands gilt unter der Voraussetzung, dass das Verhältnis von Horizontal- zu Vertikalkräften (H/V) $\leq 0,2$ beträgt. Bei einem Verhältnis $H/V > 0,2$ sind gesonderte Betrachtungen bzw. Berechnungen erforderlich. Siehe hierzu die entsprechenden Vorgaben nach EC 7.

Die in der vorstehenden Tabelle angegebenen Bemessungswerte gelten auf Grundlage der im Handbuch EC 7, Geotechnische Bemessung, Band 1, Tabelle 6.3 genannten Anforderungen.



Im Weiteren verweisen wir auf die entsprechenden Vorgaben nach EC 7-1, A 6.10.1, A 6.10.2 und A 6.10.3. Die Gründung ist in frostfreier Tiefe mindestens 1,0 m unter Geländeoberfläche vorzusehen.

Für die statische Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren kann für lotrechte und mittige Belastungen eine **Bettungsziffer** von $k_s = 10 \text{ MN/m}^2$ angenommen werden. Es ist je nach Fundamentbreite und unter Berücksichtigung der Aushubentlastung bei voller Auslastung von Setzungen in der Größenordnung bis ca. 2 cm auszugehen, die sich erst allmählich einstellen wird. Systembedingt darf der Bettungsmodul am Plattenrand auf den doppelten Wert erhöht werden.

Der Bettungsmodul ist keine Baugrundkonstante sondern ist maßgeblich von der Lastfläche und der Laststellung, der Baugrundsteifigkeit und der Steifigkeit der Baukonstruktion abhängig. Daher stellt die angegebene Bettungsziffer lediglich einen Mittelwert dar, der sich aus einer angenommenen Bodenpressung und den sich daraus ergebenden Setzungen ableitet und ist daher im weiteren Planungsprozess zu prüfen.

5.1.2 Bahnsteigzugang / Rampe

Die in Kapitel 4 geforderten Tragfähigkeitswerte sind mit den im Baugrund anstehenden gemischtkörnigen, teilweise weichen Auffüllungen voraussichtlich nicht realisierbar. Es wird daher ein 0,5 m mächtiger Bodenaustausch erforderlich.

Für die Art und den Einbau des Bodenaustauschs gelten die in Kapitel 5.1.1 genannten Annahmen und Hinweise.

Der Nachweis der Tragfähigkeit sollte auf dem Planum mit einem statischen Plattendruckversuch nach DIN 18 134 erfolgen. Nach RStO ist auf dem Erdplanum mindestens ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 45 \text{ MN/M}^2$ nachzuweisen. Das Erdplanum ist grundsätzlich mit einer Querneigung von 5 % herzustellen (siehe hierzu Regelzeichnungen in Ril 836.4101).



5.2 Baugruben

Da voraussichtlich ausreichend Platz zur Verfügung steht, können die Baugruben geböscht hergestellt werden. Nach DIN 4124 können die Baugruben in den rolligen und gemischtkörnigen (enthalten auch bindige Böden) Auffüllungen mit 45° geböscht werden. Selbst bei dieser Böschungsneigung können kleinere Ausbrüche aus den Baugrubenböschungen nicht ausgeschlossen werden. Erst mit flacheren Böschungsneigungen sind die Böschungen im Grenzgleichgewicht, bei denen nicht mehr mit nennenswerten Nachbrüchen zu rechnen ist.

Im Falle von eingeschränkten Platzverhältnissen und sofern die Nachbarbebauung in Form der Gleise nicht erneuert oder bei dem Bauablauf benötigt wird, wird ein Baugrubenverbau erforderlich. Die Herstellung der Baugruben kann im Schutze eines Bohrträgers- oder Spundwandverbaus erfolgen. In den gemischtkörnigen Auffüllungen der Schicht 1b und den Hang- und Verwitterungslehmen der Schicht 2a können Rammhindernisse auftreten. Die Böden sind generell als leicht bis mäßig rammbar einzustufen.

Die gemischtkörnigen Auffüllungen sind aufgrund der vorhandenen Frostepfindlichkeit und der eher schlechten Verdichtungsfähigkeit je nach Feinkornanteil nur bedingt wiederverwendbar.

Die teilweise bindigen Auffüllungen der Schicht 1b können bei Wassersättigung (Schicht / Sickerwasser) und Lagerungsstörungen (z.B. dynamischer Belastung durch Baufahrzeuge) von Bodenklasse 4 in die Bodenklasse 2 nach DIN 18300 übergehen und sind dann nur eingeschränkt bautechnisch nutzbar.

Die bodenmechanischen Rechenwerte für die Standsicherheitsberechnungen des Baugrubenverbaus können der Tabelle 3.2-1 entnommen werden. Für die Bemessung einer Verbauwand darf der Wandreibungswinkel für Bohrträgerwände und Spundwände höchstens mit $|\delta_{a/p}| = 2/3 \phi'_k$ angesetzt werden.

Aufgrund der an die Baugrube angrenzenden Gleise ist, falls es zu keiner Bewegung kommen soll, ein auf der vollen Höhe der Baugrube angeordneter Baugrubenverbau auf **erhöhten aktiven Erddruck** ($0,5 \times e_a + 0,5 \times e_0$) zu bemessen. Wenn ein Baugrubenverbau mit einer Kopfböschung von mindestens 1/3 der Aushubhöhe ausgeführt werden kann und im unmittelbaren Einflussbe-



reich der Verbauwand (Erddruckkeil) keine weiteren Verkehrsflächen oder Versorgungsleitungen liegen, kann die Verbauwand auf aktiven Erddruck bemessen werden.

5.3 Wasserhaltung

Für die Herstellung der Baugruben ist eine offene (Rest-) Wasserhaltung oberhalb des Bauwasserstandes ausreichend. Anfallendes Schicht-, Stau- und Sickerwasser ist zusammen mit dem Niederschlagswasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen. Das Planum ist mit entsprechendem Gefälle von $\geq 3\%$ herzustellen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Ableitung von Tag- und Niederschlagswasser Nebenleistung nach DIN 18 299 ist.

5.4 Sonstige Empfehlungen

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine **stichprobenartige Bestandsaufnahme**, die zwischen den Aufschlüssen 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. Abänderungen 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. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen sind wir umgehend zu benachrichtigen.

Vor Herstellung des Bauwerkes ist der anstehende Baugrund und die Gründungssohle gemäß Normhandbuch EC 7-1, Abs.4.3.1 (1)P durch uns zu kontrollieren und abzunehmen.

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



DR. SPANG

Projekt: 35.4130

Seite 23

11.09.2015

(gezeichnet)

i.A.

Dipl.-Ing. Christian Spang
(Geschäftsführer)

Stefanie Saalbach M.Sc.
(Projektgeologin)

- Verteiler:**
- Mailänder Consult GmbH, Herr Krannich, 3 x, davon 1 x vorab per Mail an <tkrannich@mic.de>
 - Landratsamt Calw, Herr Schwolow, 1 x per Mail an <holger.schwolow@kreis-calw.de>
 - Dr. Spang GmbH, Esslingen, 1 x