



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

DB InfraGO AG
Projekte Residenzbahn, V.II-SW-M-L
Herr Daniel Budzen
Gutschstraße 6
76137 Karlsruhe

Projekt-Nr.
46.11022

Datei
P11022b260218_LSW

Diktat
Kor/Cor

Büro
Esslingen

Datum
18.02.2026

Lärmsanierung Wilferdingen-Singen (TWL)

Strecke 4200,

Bahn-km - km 11,9+29 - 12,0+30 l.d.B.;

km 12,2+37 - 12,3+71 r.d.B.

km 12,4+33 – 12,7+88 r.d.B.

- Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung -

Bestellung 0016 / RL1 / 13994879

vom 07.08.2025

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Hahnstraße 40, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
30655 Hannover, Leo-Symphor-Promenade 65, Tel. (0511) 132 291-50, Fax 132 291-90, hannover@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 29, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de
14482 Potsdam, Walter-Klaus-Straße 25, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
A-6330 Kufstein, Salurnerstraße 22, Tel. +43 (5372) 23 20-00, Fax 23 20-20, kufstein@dr-spang.at

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDE33HAN
Sparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	5
1.1 Projekt	5
1.2 Auftrag	5
1.3 Unterlagen	6
1.4 Untersuchungen	8
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	10
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	10
2.2 Baugrund	10
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	14
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	16
2.5 Umwelttechnische Untersuchungen	18
2.5.1 Bewertungsgrundlage Bodenaushub	19
2.5.2 Bewertung Bodenaushub	21
2.5.3 Entsorgung / Abfallschlüssel	22
2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	23
3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE	24
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	24
3.2 Bodenkennwerte	25
3.3 Felsmechanische Kennwerte	27
3.4 Homogenbereiche	27
3.4.1 Allgemeines	27
3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	29
3.4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten	30
3.4.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	32
3.4.5 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	34
4. FOLGERUNGEN	35
4.1 Gründung	35
4.2 Baugruben / Grundwasserhaltung	37
4.3 Nachbarbebauung	37
4.4 Geotechnische Kategorie	37



INHALT	SEITE
5. BEMESSUNG VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN	38
6. EMPFEHLUNGEN	40
6.1 Tiefgründung Strecke LSW – Nachweisverfahren nach M EBGs-Lsw	40
6.2 Tiefgründung Sonderbauwerk – Nachweisverfahren nach EA-Pfähle	41
6.2.1 Rammrohrgründung	42
6.2.2 Mikropfahlgründung	44
6.2.3 Bohrpfahlgründung	44
6.2.4 Horizontale Bettung von Pfahlgründungen	46
6.3 Baugruben / Wasserhaltung	46
6.4 Empfehlungen zur Bauausführung	47
6.5 Sonstige Empfehlungen	49

ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 100.000 (1)
- Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 500 (3)
- Anlage 3: Geotechnischer Schnitt 1 : 100 (3)
- Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (1)
- Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)
- Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS) (8)
- Anlage 4.3: Rammsondierung (DPx) (8)
- Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (8)
- Anlage 6: Kernfotos (entfällt)
- Anlage 7: Chemische Analytik (1)
- Anlage 7.1: Probenahmeprotokoll (2)
- Anlage 7.2: Prüfbericht (5)
- Anlage 7.3: Auswertung EBV (1)
- Anlage 7.4: Auswertung DIN 4030 (1)
- Anlage 7.4: Auswertung DIN 50929 (4)



DR. SPANG

Projekt: 46.11022

Seite 4

18.02.2026

Änderungshistorie

Rev.	Datum	Bearbeitender	Notiz

1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Die DB InfraGO AG plant Lärmschutzmaßnahmen entlang den DB-Strecke 4200 im Bereich des Bahnhofes in Wilferdingen-Singen. Gemäß [U 7], [U 8] und [U 9] sind insgesamt drei Lärmschutzwände (LSW) links und rechts der Bahn mit einer Höhe von 3 - 5 m über Schienenoberkante geplant, welche in nachfolgender Tabelle 1.1-1 zusammengestellt sind. Die Gründung der Lärmschutzwände kann entweder über Flach-, Rammrohr-, Mikropfahl oder Bohrpfahlgründungen erfolgen, wobei seitens der DB InfraGO AG Rammrohrgründungen bevorzugt werden.

Strecke	Objekt	Sonderbauwerke	von km – bis km	Lage	Höhe (SO)	Länge SSW
4200	LSW 1	keine	11,929 – 12,030	l.d.B	4,00 m	101 m
4200	LSW 2	keine	12,237 – 12,371	r.d.B	5,00 m	141m
4200	LSW 3	keine	12,433 – 12,788	r.d.B	3,00 m	355 m

Tabelle 1.1-1: Lage und örtliche Verhältnisse der geplanten Lärmschutzwände in Neukieritzsch

Für die geplanten Lärmschutzwände sind Baugrunduntersuchungen erforderlich. Es ist eine chemische Analytik zur Bestimmung der Materialwerte für Bodenmaterial gemäß Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) sowie zur Ermittlung der Stahl- und Betonaggressivität der auftretenden Böden durchzuführen. Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung werden im nachfolgenden Baugrundgutachten zusammengefasst und bewertet.

1.2 Auftrag

Auf der Basis der Leistungsanfrage A556250 wurde die Dr. Spang GmbH mit der Bestellung 0016 / RL1 / 13994879 vom 07.08.2025 von der DB InfraGO AG beauftragt, für das o. g. Bauvorhaben eine Baugrunderkundung durchzuführen und eine Gründungsberatung zu erarbeiten.



1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] **Geologie von Baden-Württemberg, 5. Auflage;** O.F. Geyer / M.P. Gwinner, Schweizerbart Stuttgart, 2011.
- [U 2] **Geologische Karte von Baden-Württemberg, 1:50.000;** Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Abfrage vom 20.01.2026.
- [U 3] **Ingenieurgeologische Gefahren in Baden-Württemberg;** Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i. Br., 2005.
- [U 4] **Ingenieurgeologische Gefahrenhinweiskarte von Baden-Württemberg;** Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Abfrage vom 20.01.2026.
- [U 5] **Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg;** <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>, Abfrage vom 20.01.2026.
- [U 6] **Umbau der Verkehrsstation Wilferdingen-Singen,** Baugrundgutachten und Umwelttechnisches Gutachten Rev 03, Dr. Spang GmbH, Esslingen am Neckar, 22.12.2025
- [U 7] **Lageplan Strecke 4200 Wilferdingen Singen km 12,0+99-12,4+89, Vorabzug,** 1:500, Obermeyer, Karlsruhe 07.2025
- [U 8] **Entwurfsplanung Residenzbahn Wilferdingen-Singen, Schallschutzwand Ost, Draufsicht,** 1:500, InGe ResidenzRail Infrastruktur GmbH, Karlsruhe 16.01.2026
- [U 9] **740m Bf Wilferdingen-Singen Baugrundkonzept,** Lageplan mit Erkundungspunkten, 1:1000, Anlage 1, Blatt 5-6/16, gbm Baugrundinstitut mbH, Ettlingen 12.2024
- [U 10] **Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen,** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stand: Mai 2012.



- [U 11] **Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit**; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 14. Oktober 2019.
- [U 12] **BMU-Hinweise zur AVV: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)**; Hinweise zur Anwendung der Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001.
- [U 13] **Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV)**; Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken, Bundesregierung, 09.07.2021.
- [U 14] **KrWG: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG)**; Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz sowie Bundesamt für Justiz, 24.02.2012, zuletzt geändert durch Art. 2 Abs. 9 G v. 20.07.2017.
- [U 15] **Handbuch 80400, 804.5501: Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken**, DB InfraGO AG, Frankfurt am Main, Version 5.0, gültig ab 30.04.2025.
- [U 16] **EC 7**; Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1. Auflage 2011.
- [U 17] **Merkblatt über Entwurfs- und Berechnungsgrundlagen für Gründungen und Stahlpfosten von Lärmschutzwänden und Überflughilfen an Straßen M EBGS-Lsw**; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln, Ausgabe 2018.
- [U 18] **Vogt, N. (1988)**: Vorschlag für die Bemessung der Gründung von Lärmschutzwänden, Geotechnik 11, 1988, Heft 4.
- [U 19] **Arbeitskreis 1.4 „Baugrunddynamik“: Empfehlungen des Arbeitskreises Baugrunddynamik**, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Berlin 2002.
- [U 20] **Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle**, 2. Auflage, Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, 2012.

1.4 Untersuchungen

Baugrunduntersuchungen: In den geplanten Bereichen der vorgesehenen Lärmschutzwände wurden durch die Dr. Spang GmbH im Zeitraum vom 08.12.2025 bis zum 19.12.2025 acht Kleinrammbohrungen (BS 13 – BS 20) als Rammkernsondierungen (Schappen-Ø 40 – 60 mm) nach DIN EN ISO 22 475-1 und zwei schweren bzw. sechs mittelschwere Rammsondierungen (DPM 13 – DPM 15; DPH 16-DPH 17 und DPM 18- DPM 20 nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 9 m unter Geländeoberfläche (GOF) ausgeführt. Die Lage der Erkundungsbohrungen wurde seitens der DB InfraGO AG mit [U 9] vorgegeben.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 (Boden) geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert. Es wurden Homogenbereiche nach VOB 2016 definiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen (BS) sind gemäß DIN 4023 in der Anlage 4.2 und die Rammsondierungen (DPM) gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammprogramme in Anlage 4.3 dem Gutachten beigelegt.

Die ausgeführten Aufschlüsse wurden durch die Dr. Spang GmbH lage- und höhenmäßig eingemessen. Alle Aufschlüsse sind im Lageplan (Anlage 2) dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 3 bzw. Anlage 4.2 und 4.3 bzw. der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m NHN]	[m u. GOF]
BS 13	153,49	145,39	8,1
DPM 13	153,46	145,09	8,4
BS 14	154,05	144,05	9,0
DPM 14	154,07	144,07	9,0
BS 15	154,35	144,35	9,0
DPM 15	154,37	144,37	9,0
BS 16	155,52	147,52	8,0
DPH 16	155,52	147,22	8,30
BS 17	155,46	147,46	8,00
DPH 17	155,46	147,56	7,90
BS 18	155,89	151,39	4,50
DPM 18	155,97	151,27	4,70
BS 19	156,18	151,88	4,30
DPM 19	156,20	151,90	4,30



Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m NHN]	[m u. GOF]
BS 20	156,32	151,62	4,70
DPM 20	156,43	150,73	5,70

Tabelle 1.4-1: Übersicht über die durchgeführten Baugrundaufschlüsse

Des Weiteren wurden vorhandene Archivbohrungen aus [U 6] welche in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt sind, herangezogen.

Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m NHN]	[m u. GOF]
BS 7	155,55	148,65	6,90
BS 8	155,61	148,81	6,80
BS 9	155,59	148,69	6,90
BS 10	155,70	149,30	6,40
BS 11	155,79	149,99	5,80
BS 12	155,85	150,05	5,80
DPH 7	155,55	148,15	7,40
DPH 8	155,61	148,11	7,50
DPH 9	155,59	148,49	7,10
DPH 10	155,70	148,6	7,10
DPH 11	155,79	149,39	6,40
DPH 12	155,85	148,85	7,00
BK 1	155,80	140,60	15,20

Tabelle 1.4-2: Übersicht über die verwendeten Altbohrungen

Laboruntersuchungen: Aus den Bohrungen wurden insgesamt 73 gestörte Bodenproben entnommen. Aus diesen Proben wurden für chemische Laboruntersuchungen Mischproben zusammengestellt. Eine der hergestellten Mischproben wurde nach EBV Boden / Baggergut (Feststoff- und Eluatanalyse) untersucht. Weiterhin wurden eine Mischproben analysiert, um die Beton- und Stahlaggressivität der anstehenden bindigen und rolligen Böden zu ermitteln.

Die chemischen Untersuchungen der Mischproben wurden vom Agrolab GmbH durchgeführt. Die Prüfberichte des Labors liegen in Anlage 7.1 bei. Die Gegenüberstellung der Analyseergebnisse mit den Zuordnungswerten nach EBV enthalten die Anlagen 7.2 und 7.3. Die Ergebnisse der Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität nach DIN 4030 und DIN 50 929 sind in den Anlagen 7.4 und 7.5 dargestellt.



An den gestörten Proben der anstehenden Böden wurden vier Kornverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4, drei Zustandsgrenzen gemäß DIN EN ISO 17892-12 und drei Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1 bestimmt.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das untersuchte Gebiet befindet sich auf dem Gelände des Bahnhofs Wilferdingen-Singen und in dessen näherem Umfeld. Das Gelände des Bahnhofs ist weitestgehend eben. Die Geländehöhe im untersuchten Bereich liegt bei ca. 155 m NHN.

Geotechnisch relevante Vegetation (Feuchte- und Verformungsanzeiger etc.) wurde auf dem Gelände nicht beobachtet.

Im Zuge der Erneuerung der Station und der Verlängerung der Bahnsteige sollen unter anderem parallel zur Strecke 4200 r. d. B. zwei Lärmschutzwände [U 8][U 7] neu errichtet werden. Zusätzlich wurde bei dieser Erkundung der Bereich l. d. B. westlich des Bahnhofs bei km 11,930–12,030 berücksichtigt, um eventuelle zukünftige Bedürfnisse an Lärmsanierung in diesem Bereich abzudecken.

2.2 Baugrund

Nach der geologischen Karte [U 2] stehen im Projektgebiet unterhalb der im Bahnhofsbereich befindlichen Auffüllungen (qhy), Auelehme (Lf) oder Löss (LoI) an. Bereichsweise sind auch die holozänen Abschwemmmassen vorhanden. Darunter stehen die Gesteine des Unteren Muschelkalks (mu) an.

Der Auelehm besteht aus einem sandigen, humosen, lokal anmoorigen Schluffton in brauner bis braungrauer Farbe. Der im Bereich des Bahnhofs anstehende Löss tritt als schwach feinsandiger Schluff mit einer gelblichen Färbung in Erscheinung. Unterhalb der quartären bindigen Sedimente



liegen lokal im Baugrund östlich und westlich des Bahnhofs grobkörnige Auekiese. Bei den Gesteinen unteren Muschelkalks handelt es sich um Schluffsteine mit Dolomit- und Kalksteinbänken.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht- mächtig- keit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lage- rungsdichte
1a	Auffüllung (rollig)	0,4 – 4,1	Kies, (schwach) sandig, lokal schwach schluffig / braun, grau	locker – dicht
1b	Auffüllung (bindig) ¹⁾	0,2 – 2,6	Ton, schwach bis stark schluffig, (schwach) sandig, schwach bis stark kiesig / braun, grau, schwarz	weich – steif
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmassen	0,2 – 7,0	Ton, (stark) schluffig, sandig, kiesig, lokal (stark) organisch/ Schluff, tonig, schwach sandig grau, braun, schwarz, rotbraun	weich
2b	Auekies	0,5 - 2,1	Kies, schluffig bis stark schluffig, sandig, schwach tonig/ hellbraun	locker- dicht
3	Löss ¹⁾	4,1 – 6,0	Schluff, schwach bis stark sandig, (schwach) tonig Ton, schwach schluffig, sandig/ gelb, braun	breiig – halbfest
4	Unterer Muschelkalk ¹⁾	> 7,0	Schluffstein, Dolomitstein / grau, gelb	-

1) nicht in allen Bohrungen erkundet

Tabelle 2.2-1: Schematischer Baugrundaufbau

Der erkundete Schichtaufbau entspricht stratigraphisch den Angaben der geologischen Karte [U 2]

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte des Bodens sowie der Zustandsform sind Sondierungen mit der mittelschweren und schweren Rammsonde (Fallgewicht 30 / 50 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm²) nach DIN EN ISO 22 476-2 ausgeführt worden. Mit der Rammsonde wird u.a. die in Tabelle 2.2-1 angegebene Lagerungsdichte / Konsistenz abgeschätzt.

Unterhalb des Grundwasserspiegels werden insbesondere bei grobkörnigen Böden trotz gleicher Lagerungsdichte geringere Eindringwiderstände gemessen. Bei den bindigen Böden ist zudem die



Lagerungsstörung beim Rammvorgang zu berücksichtigen, die eine geringere Konsistenz vor-
täuscht als der ungestörte Boden tatsächlich aufweist. In diesem Fall ist die Konsistenz aus der
Bohrgutansprache zuverlässiger, auch wenn diese zwangsläufig ebenfalls gestört ist. Dies wurde
bei der Angabe der Lagerungsdichte und Konsistenz berücksichtigt. Weiterhin werden die Ergeb-
nisse aus den bodenmechanischen Laborversuchen berücksichtigt.

Schicht 1a – Auffüllung rollig: Die rolligen Auffüllungen der Schicht 1a bestehen aus schwach
sandigen bis sandige, lokal schwach schluffigen Kiesen in brauner bis grauer Farbe. Die rolligen
Auffüllungen sind locker bis dicht gelagert. Im Bereich der geplanten Lärmschutzwände wurden die
rolligen Auffüllungen in fast allen Kleinrammbohrungen mit Mächtigkeiten zwischen 0,4 m und 4,1 m
erkundet. Die Ausnahme sind die Kleinrammbohrungen BS 18 und BS 20. In den rolligen Auffüllun-
gen wurde neben Gleisschotter auch Schlacke und Ziegelbruch festgestellt.

Bei den Rammsondierungen mit der schweren bzw. mittelschweren Rammsonde wurden in den
rolligen Auffüllungen überwiegend Schlagzahlen $N_{10} = 5 - 15$ festgestellt, die auf eine mitteldichte
bis dichte Lagerung hindeuten. Lokal wurden Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 1$ und 63 festgestellt die
auf größere Steine bzw. Blöcke in der Schicht 1a hindeuten.

Schicht 1b – Auffüllung bindig: Die bindigen Auffüllungen wurden in mehreren Kleinrammbohrun-
gen mit Mächtigkeiten zwischen 0,2 m und 2,6 m angetroffen. Die bindigen Auffüllungen traten als
schwach bis stark schluffiger, schwach sandiger bis sandiger, schwach bis stark kiesiger Ton in
Erscheinung. An dem Bohrgut wurde eine weiche bis steife Konsistenz festgestellt.

Bei der Rammsondierung mit der schweren bzw. mittelschweren Rammsonde wurden in den bindi-
gen Auffüllungen Schlagzahlen $N_{10} = 1 - 7$ festgestellt, die auf eine breiige bis weiche Konsistenz
hindeuten. Am Bohrgut wurde hingegen eine Bandbreite von weich bis steif bestimmt, die als zuver-
lässiger eingestuft wird.

Schicht 2a – Auelehm/holzäne Abschwemmmassen: Die holzänen Abschwemmmassen und die
Auelehm weisen ähnliche bodenmechanische Eigenschaften auf und werden daher unter dem Ober-
begriff Auelehm als eine Schicht zusammengefasst. Der Auelehm wurde in den Kleinrammbohrun-
gen westlich und östlich der Bahnhofsgebäude mit Mächtigkeiten von 1,4 m bis 7,0 m angetroffen.
Bei dem Auelehm handelt es sich um einen schluffigen bis stark schluffigen, sandigen, kiesigen,
lokal organischen bis stark organischen Ton in brauner, grauer, schwarzer oder rotbrauner Farbe



oder um einen tonige gelblichbraunem Schluff. Im zentralen Bereich BS 16/BS 17 sowie BK1, BS7-BS 11) entfällt diese Schicht und in demselben Tiefenbereich wurde die Schicht 3 vorgefunden.

Die Rammsondierungen mit der schweren bzw. mittelschweren Rammsonde ergaben in dem Auehlm überwiegend Schlagzahlen von $N_{10} = 1 - 5$, die auf eine breiige bis weiche Konsistenz hindeuten. Am Bohrgut wurde eine weiche Zustandsform festgestellt. Durch den Rammvorgang kommt es bei bindigen Böden erfahrungsgemäß zu Gefügestörungen, die zu geringe Schlagzahlen ergeben. Der Auehlm wird daher als weicher Baugrund eingestuft.

Schicht 2b –Auekies: Schicht 2b wurde in den Bohrungen BS 9 und BS 10 sowie in den Bohrungen BS 12 bis BS 15 und BS 18 bis BS 20 erkundet. Es handelt sich um schwach schluffige bis schluffige, sandige Kiese, deren Kanten meist ungerundet sind. Die Mächtigkeiten variieren zwischen 0,5 und 2,1 m, die Färbung reicht von graubraun bis gelblichbraun.

Die Rammsondierungen lieferten in der Schicht 2a überwiegend Schlagzahlen $N_{10} = 10 - 30$ festgestellt, die auf eine mitteldichte bis dichte lokal sehr dichte Lagerung hindeuten. Die Schlagzahlen von $N_{10} = 30$ und 80 deuten höchstwahrscheinlich auf gröbere Steine bzw. Blöcke in dieser Schicht hin und dürfen nicht zur Beurteilung der Lagerungsdichte herangezogen werden. Jedoch sollte im Bereich der Schicht 2b mit Rammhindernissen gerechnet sein.

Schicht 3 – Löss: Der Löss wurde im Bereich der geplanten Lärmschutzwände bei den Kleinrammbohrungen BS 16 und BS 17 sowie BK1, BS7 - BS 11 angetroffen. Der Löss trat als schwach bis stark sandiger, schwach toniger bis toniger Schluff bzw. schluffiger Ton in Erscheinung und war überwiegend nass.

Im Löss wurden typische Schlagzahlen $N_{10} = 5 - 10$ bei den Rammsondierungen ermittelt, die einer weichen bis steifen Zustandsform entsprechen. Die mit den Rammsondierungen ermittelte Zustandsform stimmt weitgehend mit den am Bohrgut ermittelten Zustandsformen überein. Liegt der Löss wassergesättigt vor kann er bei Erschütterungen oder dynamischer Belastung jedoch aufgrund der geringen Kohäsion rasch in eine breiige Konsistenz übergehen.

Schicht 4 – Unterer Muschelkalk: Der Untere Muschelkalk wurde in Form von Schluff-, Kalk- und Dolomitsteinen erkundet. In der Kernbohrung BK 1 wurde der Untere Muschelkalk ab einer Tiefe von 7,6 m u. GOK angetroffen. Die Endteufen der Rammsondierungen geben mit Schlagzahlen $N_{10} > 100$ die Oberkante des Felses wieder.



Im oberen Bereich liegt bis 9,9 m Tiefe u. GOK ein laminierter stark bis mäßig verwitterter (W2-W3 nach DIN EN ISO 14689) Tonstein mit sehr geringer bis geringer Druckfestigkeit (R0 – R1 nach DIN EN ISO 14689) und schwacher Kornbindung vor. Darunter folgt ein schwach verwitterter bis frisch Schluff- und Dolomitstein (W0-W1 nach DIN EN ISO 14689). Der Schluffstein ist kleinstückig zerfallen und weist eine sehr geringe bis geringe Druckfestigkeit (R0 – R1 nach DIN EN ISO 14689) auf. Die Kornbindung wird als schwach eingestuft. Der Dolomitstein in einer Tiefe von 14,1 m bis zu Endteufe von BK 1 weist eine geringe bis mäßig hohe Druckfestigkeit (R2 – R3 nach DIN EN ISO 14689) und eine mäßige Kornbindung auf. Die Ton- und Schluffsteine sind als veränderlich feste Gesteine einzustufen.

Es ist insbesondere in den Wechselfolgen der sedimentierten Böden von einer ausgeprägten Anisotropie der Durchlässigkeiten auszugehen, d. h. sie sind parallel der Schichtung durchlässiger als senkrecht dazu.

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Während der Erkundung wurde in den Bereichen der geplanten Lärmschutzwände das Wasser angetroffen. Die angetroffenen Wasserstände sind in Tabelle 2.3-1 zusammengefasst.

Bohrung	Datum	Höhe Ansatzpunkt Bohrung [m NHN]	Wasser angebohrt	
			[m u. Ansatzpunkt]	[m NHN]
BK 1	13.03.2023	155,80	2,30	153,50
BS 8	21.02.2023	155,61	6,80	148,81
BS 13	08.12.2025	153,46	3,40	150,06
BS 15	11.12.2025	154,35	2,20	152,15
BS 17	18.12.2025	155,46	2,50	152,96
BS 18	11.12.2025	155,89	2,90	152,99
BS 19	11.12.2025	156,18	0,4	155,78
BS 20	11.12.2025	156,32	1,1	155,22

Tabelle 2.3-1: Angetroffene Wasserstände während der Baugrunderkundung



In der Schicht 2a und 3 ist mit Schichtwasservorkommen zu rechnen. Grundwasser wurde in der Bohrung BK 1 im Bereich der Auffüllung festgestellt. Die Schichten 2a und 3 sind als gering durchlässige Grundwasserstauer bis Grundwassergeringleiter einzustufen. In der Schicht 2 b ist ein Porengrundwasserleiter gebildet. In der Schicht 4 ist mit einem gering bis mittel ergiebigen Kluftgrundwasservorkommen zu rechnen.

Bei den in **Tabelle 2.3-1** aufgeführten Wasserständen kann es sich auch um aufgestautes Sickerwasser und Schichtwasser handeln. Dies ist bei der BS 19 und BS 20 der Fall. In den sandig-kiesigen Bereichen des Auekies und Schicht 4 ist ein halbgespannter Grundwasserleiter ausgebildet. Der in umliegenden Grundwassermessstellen gemäß [U 6] eingemessene Wasserstand entspricht den Wasserständen, die in den Kleinrammbohrungen festgestellt wurden.

Die detaillierte Auswertung der Grundwassersituation ist der Unterlage [U 6] zu entnehmen.

Aufgrund der Vorflutsituation ist östlich der Pfinz mit einer nach Nordwesten gerichteten Grundwasserströmung zu rechnen. Westlich der Pfinz dürfte das Grundwasser nach Nordosten strömen.

Die Bewertung der Grundwasserstände wurde nach DIN EN 1997-2, 3.6.3 auf Grundlage der verfügbaren Informationen vorgenommen. Grundwassermessstellen, bei denen der Wasserstand über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet ist, sind gemäß [U 6] in greifbarer Entfernung nicht vorhanden, sodass auf entsprechende Messdaten nicht zurückgegriffen werden konnte. Da zuverlässige Daten von Langzeitmessungen für den unmittelbaren Bereich des geplanten Bauwerks fehlen, ist es erforderlich, den Bemessungswasserstand und den Bauwasserstand vorsichtig auf Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen abzuschätzen. Aufgrund neuer Erkenntnisse aus der aktuell laufenden Baumaßnahme, wird der **Bauwasserstand** (der während der Bauzeit zu erwartende höchste Wasserstand) für die Erstellung der Lärmschutzwände auf 1,5 m u. GOK und der **Bemessungswasserstand** (der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartende höchste Wasserstand) auf GOK angegeben.

Darüber hinaus können aufgrund von Durchlässigkeitsunterschieden Stauwasserhorizonte bis in Höhe der Geländeoberfläche auftreten. Diese weisen in der Regel eine geringe Ergiebigkeit auf und bluten bei Anschnitt relativ schnell aus.

Aufgrund der schwachen Durchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Auffüllungen (Schicht 1b) und bindigen Ablagerungen des Auelehms (Schicht 2) und Löss (Schicht 3) ist in Abhängigkeit

von Dauer und Intensität von Niederschlägen saisonal auch oberhalb des Grundwasserspiegels bis in Höhe der GOF mit Schicht- und Sickerwasserzutritten zu rechnen.

Für Fragen der Abdichtung und der Materialbeanspruchung mit Wasser (Beanspruchung wasserempfindlicher Böden, Angriffsgrad, etc.) ist der maßgebliche Wasserstand bzw. die Wasserwechselzone auch aufgrund der zu erwartenden Stau- und Schichtwässer bis auf Höhe GOF anzusetzen.

Soweit durch rückstaufreie Drainagemaßnahmen der Aufstau bzw. die Einwirkung von Wasser an den jeweiligen Bauwerken/Bauteilen wirkungsvoll verhindert wird, kann der Bemessungswasserstand auf die jeweilige Rohroberkante der Drainage abgesenkt werden. Hierbei ist zu beachten, dass das Schicht- und Grundwasser in der Regel nicht dauerhaft drainiert werden darf.

Die Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der Tabelle 2.3-2 angegeben.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich ¹⁾
1a	Auffüllung (rollig)	$5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-6}$	schwach durchlässig bis stark durchlässig
1b	Auffüllung (bindig)	$1 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-8}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmassen	$1 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-9}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
2b	Auekies	$5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-6}$	schwach durchlässig bis stark durchlässig
3	Löss	$1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-9}$	durchlässig bis sehr schwach durchlässig
4	Unterer Muschelkalk	$1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-9}$	durchlässig bis sehr schwach durchlässig

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

Tabelle 2.3-2: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

2.4 Bodenmechanische Laborversuche

Zur detaillierteren bodenmechanischen Bewertung des anstehenden Bodens sowie zur Klassifizierung und Festlegung der Bodenkennwerte wurden von der Dr. Spang GmbH an ausgewählten Bodenproben folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Welche Bodenproben im Einzelnen verwendet wurden, kann der Anlage 5.6 entnommen werden.



- 3 x Bestimmung der Wassergehalte nach DIN EN ISO 17 892-1 (Anlage 5.1)
- 4 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4 (Anlage 5.2)
- 3 x Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17 892-12 (Anlage 5.3)

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die ermittelten Wassergehalte.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	W _n [%]
BS 14	1,2 – 2,2	2a	T, u*, s'	22,6
BS 20	0,3 – 1,3	2a	T, u*, s'	23,3
BS 17	2,0 – 2,5	3	U, s'	22,1

Tabelle 2.4-1: Ergebnisse der Wassergehaltsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-1

Die in den Proben der bindigen Böden des Auelehms und Lösslehms ermittelten Wassergehalte weisen Werte von 22,1 % bis 23,3 % auf. Die ermittelten Wassergehalte korrelieren mit der am Bohrgut bestimmten Zustandsform.

Korngrößenverteilung: Zur Beurteilung der Kornverteilung wurden 4 Sieb- / Schlämmanalysen bzw. Siebungen nach DIN EN ISO 17892-4 durchgeführt. Anhand der Ergebnisse lassen sich grundsätzliche bautechnische Eigenschaften des Materials abschätzen. Die Ergebnisse sind als Körnungslinien der Anlage 5.2 zu entnehmen und sind in nachfolgender Tabelle 2.4-2 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Schlammkorn ¹⁾ [%]	Feinstkornanteil ²⁾ [%]	Bodenart ³⁾	Bodengruppe ⁴⁾
MP 1	2,1 – 5,6	2a	93,6	10,1	T, u, s'	TL ⁵⁾
MP 3	3,8 – 8,2	2a	60,2	4,1	U, s', g	TL ⁵⁾
MP 2	2,5– 8,1	2b	25,6	0,9	G, u, s	GU*
MP 4	1,3 – 6,0	3	95,9	4,3	U	UL/TL ⁵⁾

1) Korngröße ≤ 0,063 mm

2) Korngröße ≤ 0,002 mm

3) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

4) DIN 18 196

5) unter Berücksichtigung der Plastizitätsuntersuchungen

Tabelle 2.4-2: Ergebnisse der Korngrößenverteilungsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-4

Die Bodenproben der Schicht 2a und der Schicht 3 bestehen hauptsächlich aus Schluff und werden aufgrund der plastischen Eigenschaften in die Bodengruppe TL und UL nach DIN 18 196 zugeordnet.

Die MP 2 aus der Schicht 2b wurde entsprechend der Kornverteilung in die Bodengruppe GU* zugeordnet.

Zur weiteren Klassifizierung wurden Plastizitätsuntersuchungen nach DIN EN ISO 17892-12 durchgeführt. An drei Einzelproben wurden die Atterberg'schen Zustandsgrenzen bestimmt. Die Tabelle 2.4-3 fasst die Ergebnisse zusammen. Die Detaillergebnisse inkl. der Darstellungen im Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE können der Anlage 5.3 entnommen werden.

Aufschluß	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w _n [%]	w _L [%]	w _p [%]	I _p [%]	I _c [-]	Konsistenz	Bodengruppe ¹⁾
BS 13	1,1 – 2,1	2a	T, u, s'	26,6	37,8	20,6	17,2	0,65	weich	TM
BS 20	0,3 – 1,3	2a	T, u*, s'	23,3	29,1	19,7	9,4	0,61	weich	ST/TL
BS 17	2,5 – 4,0	3	T, u*, s'	22,4	28,5	20,4	8,1	0,76	steif	TL/ST

w_n = natürlicher Wassergehalt; w_L = Wassergehalt an der Fließgrenze; w_p = Wassergehalt an der Ausrollgrenze; I_p = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl
1) DIN 18 196

Tabelle 2.4-3: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12

Die untersuchten Bodenproben der Schicht 2a (Auelehm) bzw. Schicht 3 (Lösslehm) werden den feinkörnigen Böden der Bodengruppe TM/TL bzw. Sand-Ton Gemische ST nach DIN 18 196 zugeordnet. Es wurden überwiegend weiche Konsistenzen bestimmt.

2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

Aus den Kleinrammbohrungen BS13 bis BS20 wurden insgesamt 73 Einzelproben entnommen.

Für den Bereich der geplanten Lärmschutzwände wurde auftragsgemäß eine orientierende Untersuchung für den Tiefenbereich von 0,1 – 1,2 m u. GOK aus den Kleinrammbohrungen BS13 - BS20 in eine Bodenmischprobe zusammengestellt (MP6), da bei Ausführung einer Rammrohrgründung nur in dieser Tiefe Bodenaushub beim Bau der LSW anfällt.

In unserem Baugrundgutachten zum Bf Wilferdingen-Singen [U 6] sind weitere umwelttechnische Untersuchungen vorhanden.

Die Mischprobe wurde hinsichtlich ihre Verwertbarkeit gemäß den Parameter- und Analyseumfängen der Tab. 3 der Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) [U 13] untersucht. Die Bodenprobe aus Auffüllungshorizonten wurde aufgrund der vorhandenen Fremdanteilen dem Parameterumfang der Zuordnungsklasse BM-F0* untersucht.

Die nachstehende Tabelle 2.5-1 gibt eine Übersicht über die Herkunft, die Zusammenstellung und den Analyseumfang der einzelnen Laborproben. Das dazugehörigen Probenahmeprotokoll liegt dem Bericht als Anlage 7.1 bei.

Probenbezeichnung	Kleinrammbohrung / Entnahmebereich	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Material	Analytik
MP6	BS13 & BS20; LSW	0,1 – 1,2	Auffüllung	ErsatzbaustoffV Tab. 3 [U 13]

Tabelle 2.5-1: Zusammenstellung und Analyseumfang Laborproben

2.5.1 Bewertungsgrundlage Bodenaushub

Die Ersatzbaustoffverordnung regelt die Anforderungen für die Herstellung und das Inverkehrbringen von Ersatzbaustoffen, die Untersuchung und Probenahme von nicht aufbereitetem Bodenmaterial und Baggergut sowie die Anforderungen und die Verwendung der mineralischen Ersatzbaustoffe.

Als Ersatzbaustoffe (MEB) gelten sowohl industriell hergestellte Stoffe (z.B. Hochofenschlacke HOS, Hüttensand HS oder Gleisschotter GS etc.) als auch Bodenmaterial/Baggergut und Gleisschotter. Die Ersatzbaustoffverordnung definiert dabei unterschiedliche Materialklassen, die den Ersatzbaustoffen zugeordnet werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die MEB-Klassen für Bodenmaterial und Baggergut aufgelistet.



Beschreibung	Materialklassen
Bodenmaterial mit bis zu 10 Vol.-% mineralischen Fremdanteilen	BM - 0, BM - 0*, BG - 0, BG - 0*
Bodenmaterial mit bis zu 50 Vol.-% mineralischen Fremdanteilen	BM - FO*, BM - F1, BM - F2 BM - F3 BG - FO*, BG - F1, BG - F2 BG - F3

Tabelle 2.5-2: Übersicht der Materialklassen für Bodenmaterial

In der ErsatzbaustoffV sind Einbautabellen vorgegeben, die je nach Materialklasse unterschiedliche Einbaumöglichkeiten in technische Bauwerke zulassen. In der ErsatzbaustoffV sind die Konfigurationen wie folgt festgelegt:

Konfiguration der Grundwasser-deckschicht	ungünstig	günstig	
	Sand oder Lehm, Schluff, Ton	Sand	Lehm, Schluff, Ton
grundwasserfreie Sickerstrecke	für RC-1, BM-0, BM-0*, Bm-F0*, BM-F1, BG-0, BG-F0*, BG-F1, GS-0, Gs-1, SWS-1, CUM-1, HOS-1, HS, SKG: $\geq 0,1 - 1$ m für alle anderen MEB $\geq 0,5 - 1$ m jeweils zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m	für alle MEB: > 1 m zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m	für alle MEB: > 1 m zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m

Tabelle 2.5-3: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten gemäß ErsatzbaustoffV [U 13]

In der Anlage 2 der ErsatzbaustoffV, geben die Tabellen 5 bis 8 die 17 möglichen Einbauweisen für Bodenmaterial und Baggergut vor. Dabei unterscheidet sich die Zulässigkeit für den Einbau gemäß den Eigenschaften der Grundwasserdeckschicht.

Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht	
außerhalb von Wasserschutzbereichen	innerhalb von Wasserschutzbereichen



Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht									
ungünstig		günstig		günstig					
-	Sand	Lehm, Schluff, Ton	WSG III A		WSG III B		Wasservorrang- gebiete		
			HSG III		HSG IV				
			Sand	Lehm, Schluff, Ton	Sand	Lehm, Schluff, Ton	Sand	Lehm, Schluff, Ton	
1	2	3	4		5		6		

Tabelle 2.5-4: Übersicht der zu prüfenden Eigenschaften der Grundwasserdeckschicht

Die Einstufung in **gefährliche und nicht gefährliche Abfälle** anhand der festgestellten Schadstoffkonzentrationen erfolgt in Baden-Württemberg gemäß den Technischen Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit [U 11].

2.5.2 Bewertung Bodenaushub

Die Gegenüberstellung der Analyseergebnisse mit den Materialwerten der ErsatzbaustoffV Tab. 3 ist in Anlage 7.3.1 zusammengestellt. Der Prüfbericht des Labors ist in Anlage 7.2 enthalten. Die Analyseergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 2.5-7 zusammengefasst.

Probe	Entnahme- bereich/ Material	Einstu- fungs- grund- lage	Einstufung nach Er- satzbau- stoffV	Schadstoffe		Einstu- fungsge- fährlich- keit nach AVV	AVV-Nr.
				Parameter	Gehalt		
MP6	Auffüllung; LSW	Ersatz- baustoffV	>BM-F3	Quecksilber	0,16 µg/l	-	17 05 04

Tabelle 2.5-5: Bewertung der chemischen Untersuchungen gemäß ErsatzbaustoffV

Die Auffüllungen (MP6) im Bereich der geplanten Lärmschutzwände aus dem Tiefenbereich 0,1 – 1,2 m u. GOK wurden nach der ErsatzbaustoffV Tab. 3 [U 13] aufgrund eines erhöhten Quecksilberwertes von 0,16 µg/l im Eluat in die Materialklasse **>BM-F3** eingestuft.



Die Belastung der vorhandenen Auffüllungen im Projektbereich wurde auch im [U 6] festgestellt.

2.5.3 Entsorgung / Abfallschlüssel

In der nachfolgenden Tabelle werden für die anstehende Entsorgung Abfallschlüssel nach EWC/AVV vorgeschlagen. Die vorläufige Einstufung der Materialien erfolgte auf Grundlage vorliegender Altgutachten, organoleptischer Ansprachen und der durchgeführten chemischen Untersuchungen.

Material	AVV-Schlüssel	Abfallbezeichnung EWC (2001) / AVV
Bodenaushub BM-0, BM-F3, >BM-F3 mineralische Fremddanteile < 10 Vol. % bis 50 %	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen

Tabelle 2.5-6: Abfallschlüsselnummern der anfallenden Materialien

Grundsätzlich sind Abfälle zu vermeiden und es ist eine Wiederverwertung vor Ort anzustreben. Entstandene Abfälle sind möglichst der Verwertung zuzuführen. Ist dies unmöglich muss der Abfall entsprechend KrWG §15 beseitigt werden. Für die ordnungsgemäße Entsorgung sind die nötigen Genehmigungen (Entsorgungsnachweise, vereinfachte Entsorgungsnachweise) bei den zuständigen Behörden durch den Auftraggeber / -nehmer einzuholen.

Es handelt sich hierbei um eine orientierende abfalltechnische Untersuchung im potentiellen Aushubbereich der Baumaßnahme als Grundlage für die Ausschreibung der Entsorgung. Aufgrund des stichpunktartigen Charakters der Untersuchung und des langen Zeitraumes zwischen der Untersuchung und der Ausführung der Baumaßnahme, können die Ergebnisse nicht zur Entsorgung der Aushubmassen bei der Baumaßnahme herangezogen werden.

Aufgrund der Inhomogenität von Auffüllungen und dem vorliegenden Untersuchungsraaster, kann nicht ausgeschlossen werden, dass lokal vorhandene Hotspots von der Untersuchung nicht erfasst wurden oder dass Abweichungen zu den Ergebnissen der umwelttechnischen Untersuchungen bei den Aushubmaßnahmen auftreten werden.



Es wird daher empfohlen, beim Aushub Haufwerke von max. 250 m³ Größe zu bilden und an Mischproben der Haufwerke Deklarationsanalysen für die Beurteilung der Entsorgung auszuführen. Beim Rückbau des bestehenden Gebäudes ist darauf zu achten, dass die Bausubstanz von anstehendem Erdreich getrennt und vollständig entfernt wird. Verbleiben Bauschuttreste vom Rückbau im Erdaushub ist damit zu rechnen, dass dadurch erhöhte Bodenentsorgungskosten anfallen.

In der Ausschreibung sollten Positionen für Einbauklassen B-0 bis >B-F3 nach ErsatzbaustoffV [U 13] sowie DK I und DK II nach Deponieverordnung aufgenommen werden.

2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach DIN 4149:2005-04 liegt das Projektgebiet in der Erdbebenzone 0 und der Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Das Projektgebiet ist in die Baugrundklasse C (feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz) einzugruppieren.

Der Projektstandort ist nach der RStO 12 der Frosteinwirkungszone F 1 zuzuordnen.

Gemäß [U 5] befindet sich das Projektgebiet außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten.

Zur Untersuchung der Beton- und Stahlaggressivität des Bodens wurde an einer Mischprobe (MP5) Untersuchungen zum Betonangriffsgrad nach DIN 4030 ausgeführt und wurde nach DIN 4030 als nicht aggressiv eingestuft (s. Anlage 7.3).

Zusätzlich wurde die Probe MP 5 auch zum Metallangriffsgrad Untersuchungen nach DIN 50 929 ausgeführt (s. Anlage 7.3.4). Im Ergebnis ist gemäß DIN 50 929/T. 3, Tab. 2) das Material von MP5 in Bodenklasse Ib einzustufen und gilt somit als schwach aggressiv. Gemäß DIN 50929/T.3, Tab. 2 ist für das Material von MP 5 eine sehr geringe Mulden- und Lochkorrosion sowie eine sehr geringe Flächenkorrosion zu erwarten.

Entsprechend [U 4] besteht im Projektgebiet die Gefahr vor Setzungen aufgrund bindiger kompressibler Lockergesteine sowie die Gefahr von Setzungen und Hebungen aufgrund jahreszeitlicher Volumenänderungen. Im Bereich des Bahnhofes Wilferdingen-Singen herrscht laut [U 4] eine Verkarstungsgefährdung in Form von Karbonatkarst. Dies bezieht sich auf die Kalk- und Dolomitsteine des

Unteren Muschelkalkes. Bekannte oder vermutete Verkarstungsstrukturen sind im Bereich des Bahnhofes jedoch [U 4] nicht kartiert.

3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

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

Schicht-Nr.	Bodenart ⁶⁾	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1a	Auffüllung (rollig)	GW, GI	3 – 5	F1 – F2	V1
1b	Auffüllung (bindig)	TL, TM, TA	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmmassen	TL, TM, OT	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2b	Auekies	GW, GI, GU, GU*	3 – 5	F1 – F2	V1
3	Löss	UL, ST*, SU*	4 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V 2 - V3 ⁵⁾
4	Unterer Muschelkalk	Fels	6 – 7	-	-

1) gemäß DIN 18 300:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).

3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar, V3 = schwer verdichtbar

4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen

5) der Löss liegt teilweise wassergesättigt vor. Nasser Löss ist nicht verdichtbar.

6) Bezeichnung nach DIN 4023

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach der zurückgezogenen DIN 18 3xx (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Seit 2015 ist Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind einsetzbare Bauverfahren und Baugeräte zu berücksichtigen. Eine vorläufige Einteilung in Homogenbereiche wird in Kap. 3.1 Homogenbereiche vorgenommen.



Die **Rammpbarkeit** der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Rammpfähle ist wie in der nachfolgenden Tabelle 3.1-2 zusammengestellt einzuschätzen. In den Auffüllungen muss wegen Steinen mit schwerer Rammfähigkeit oder auch fehlender Rammfähigkeit gerechnet werden. Bei schwer rammbaren Böden und Böden die Rammhindernisse enthalten (siehe Tabelle 3.1-2) ist die Rammpbarkeit ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen möglich. Es ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit der erforderlichen Einbindetiefe Zusatzmaßnahmen wie z.B. Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen erforderlich werden. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Schicht-Nr.	Boden	Rammpbarkeit ¹⁾
1a	Auffüllung (rollig)	mittelschwer – nicht rammpbar ²⁾
1b	Auffüllung (bindig)	leicht – mittelschwer
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmassen	leicht – mittelschwer
2b	Auekies	mittelschwer – nicht rammpbar ²⁾
3	Löss	leicht – mittelschwer
4	Unterer Muschelkalk	nicht rammpbar

1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag

2) Genesebedingt sind Steine / Gerölle bzw. feste Kalkstein- und Dolomitbänke vorhanden

Tabelle 3.1-2: Rammpbarkeit der anstehenden Schichten

Bindige Böden (z.B. der Löss, Schicht 3) können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten, etc.) in eine fließende Bodenart übergehen.

3.2 Bodenkennwerte

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) ist der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße als „eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.“ Unter Berücksichtigung dieser Definition lassen sich auf Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden 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]



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Rei- bungs- winkel	Kohä- sion	Undrai- nierte Ko- häsion	Steife- modul
		γ_k	γ_k'	φ_k'	c_k'	$c_{u,k}$	$E_{s,k}^{1)}$
1a	Auffüllung (rollig)	20	10	32,5	0	0	50 – 80
1b	Auffüllung (bindig)	18	8	25	5	20 - 100	6 – 10
2a	Auelehm/ Ho- lozäne Ab- schwemmas- sen, weich	17,5	7,5	25	5	10 - 50	4 – 8
	Auelehm/ Ho- lozäne Ab- schwemmas- sen, steif	18	8	25	10	20 - 100	6 – 10
2b	Auekies	20	10,5	32,5	0	0	50 – 80
3	Löss	18	8	27,5	0 – 5	10 - 80	8 – 12

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

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

3.3 Felsmechanische Kennwerte

Für das im Baufeld anstehende Festgestein lassen sich die folgenden charakteristischen Kennwerte angeben.

Schicht-Nr.	Felsart	Wichte feuch- tes Ge- birge γ_k [kN/m ³]	Rei- bungs- Winkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	Einax. Druckfestig- keit Gestein $\sigma_{c,k}$ [MN/m ²]	E-Modul Gebirge E_k [MN/m ²]
4	Tst, Ust, Dst	24	27,5 ¹⁾	≤0	2 – 25	2.000 – 5.000

1) für Scherbeanspruchung auf Trennflächen

Tabelle 3.3-1: Charakteristische felsmechanische Kennwerte

3.4 Homogenbereiche

3.4.1 Allgemeines

Boden ist gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Bodenschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 6, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe wurden bei der Einteilung der Homogenbereiche nur dann berücksichtigt, wenn Sie eine offensichtliche Auswirkung auf das Bauverfahren/Baugerät haben oder den Aufwand beim Arbeiten mit diesen Stoffen beeinflussen. Dies wurde immer dann unterstellt, wenn es sich um gefährlichen Abfall nach der AVV handelt. Sofern eine umwelttechnische Belastung sich im Wesentlichen nur auf die Entsorgungskosten auswirkt, wurde keine Unterteilung in den Homogenbereichen ausgewiesen. Es wird empfohlen die Entsorgung in solchen Fällen über eigene Positionen in der Ausschreibung zu regeln.



Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden verwendet werden können. Die geschätzte Ausdehnung / Verteilung der die Homogenbereiche bildenden Schichten ist dem Geotechnischen Längsschnitt in Anlage 3 zu entnehmen.

Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der bahntypischen Bauverfahren vom Gleis aus. Die Regelgründungsart für die Herstellung der Lärmschutzwandpfosten sind Rammrohrpfähle, die gemäß **DIN 18 304 Ramm-/Rüttelarbeiten** auszuführen sind. Die Rammpfähle werden in der Regel mit Zwei-Wege-Bagger und Baggeranbauvibratoren sowie Spannvorrichtungen (mit Doppelzangen) überwiegend vom Gleis aus eingerammt. Aufgrund dieser bautechnischen Rahmenbedingungen ist der Einsatz von leistungsstarken Vibratoren begrenzt. Erfahrungsgemäß kommen Geräte mit einer begrenzten Fliehkraft (< 500 kN) zum Einsatz. Werden andere, leistungsstärkere Geräte eingesetzt, ist die Einteilung der Homogenbereiche im Zuge der Ausführung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten. Können die Rammrohre aufgrund von lokal im Baugrund vorhandenen Hindernissen nicht erfolgreich eingerammt werden, sind Auflockerungs- oder Austauschbohrungen einzuplanen. **Bohrarbeiten nach DIN 18 301** werden notwendig.

Im Vorfeld der Rammgründungen werden an jedem Pfahl Kopflöcher hergestellt. Hierfür sind in geringem Umfang **Erdarbeiten gemäß DIN 18 300** erforderlich.

Mit der Ausweisung von Homogenbereichen und der Angabe der zugehörigen Eigenschaften und Kennwerte gemäß VOB/C-2016 entfällt die Klassifizierung der Bodenschichten nach den alten VOB/C-Normen.

Bauzeitliche Überprüfungen sind mit Versuchen nach den in der Tabelle 3.4-1 aufgeführten Prüfverfahren durchzuführen.



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	DIN EN ISO 14 689
	natürliche Dichte / Feuchtdichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Kohäsion c'	DIN EN ISO 17 892-10
	Wassergehalt w_n	DIN EN ISO 17 892-1
	Plastizitätszahl I_p	DIN EN ISO 17 892-12
	Konsistenzzahl I_c	DIN EN ISO 17 892-12
	Durchlässigkeit k_f	DIN EN ISO 17 892-11
	bezogene Lagerungsdichte I_D	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebe- stimmung nach DIN EN ISO 17 892-2
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579

Tabelle 3.4-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Bei der Herstellung der Lärmschutzwände sind **Erdarbeiten gemäß DIN 18 300** in geringem Maß zur Herstellung der Baugruben / technologischen Gruben an den Pfahlköpfen erforderlich.

Die sogenannten Kopflöcher werden händisch bis in eine max. Tiefe von 1,25 m hergestellt. Erschwernisse aus dem Nachfall von Schotter innerhalb der Auffüllungen (Schicht 1a) sind einzurechnen. Im Rahmen der Erkundung wurden lokal Steine und Blöcke in den Auffüllungen angetroffen.

Die Erdarbeiten werden überwiegend in den Auffüllungen (Schicht 1) und teilweise in den Auelehmen (Schicht 2a) erfolgen.

Die geschätzte Ausdehnung / Verteilung der Homogenbereiche kann auf der Grundlage des Geotechnischen Längsschnittes in Anlage 3.1 ermittelt werden. In der nachfolgenden Tabelle 3.4-2 ist



die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A
Schicht Nr.	1, 2a
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Auelehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 20 < 10 < 5
natürliche Dichte [g/cm ³]	1,7 – 2,1
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	0 – 60
Wassergehalt w_n [%]	5 – 40
Plastizitätszahl I_p	10 – 70 / leicht bis mittel plastisch
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	0,50 - > 0,75 / weich
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾ [%]	15 - 65 / locker bis mitteldicht
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	0 – < 5 / nicht bis schwach organisch
Bodengruppe	A [GU, GU*, GW, SU, SU*, TL, TM, UL, UM] / TL, TM, UL, UM, SU*, ST*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

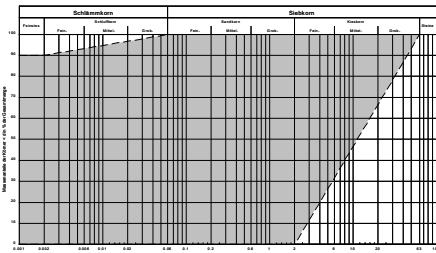
2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und Große Blöcke

Tabelle 3.4-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

3.4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten

Für die Pfahlgründung / eine Rückverankerung eines Verbaus können für die Bohrarbeiten die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle

3.4-3 verwendet werden. Es wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bohrungen durch Großbohrgeräte ausgeführt werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Schicht Nr.	1a, 1b, 2a, 2b,3
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung, Auelehm, Auekies, Lösslehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 40 < 20 < 10
Kohäsion c' [kN/m ²]	< 50
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	< 300
Wassergehalt w_n [%]	5 – 50
Plastizitätszahl I_p	0 – 80
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	0,5 – 1,0 / weich – halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	0 – 1 / locker - dicht/
LCPC-Abrasivitäts-Koeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung ³⁾	0 – 500 / nicht abrasiv - abrasiv
Bodengruppe	A [..], UL, UM, UA, TL, TM, TA, SE, SW, SI, SU, SU*, ST, ST*, GW, GE, GI, GU, GU*, GT, GT*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

3) Begriffe Empfehlung Nr. 24 des Arbeitskreises 3.3 – Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Tabelle 3.4-3: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten in Boden



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-B
Schicht Nr.	4
ortsübliche Bezeichnung	Unterer Muschelkalk
Benennung von Fels	Schluffstein, Tonstein, Sandstein, Kalkstein, Dolomitstein
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	mäßig verwittert – frisch / nicht veränderlich - veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	0 – 150
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Fallrichtung: Fallwinkel: Trennflächenabstand: 10 – 200 mm Gesteinskörper ¹⁾
Cerchar-Abrasivitätsindex CAI [-] / Bezeichnung ²⁾	/

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

2) Begriffe Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 – Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Tabelle 3.4-4: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten im Festgestein

3.4.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

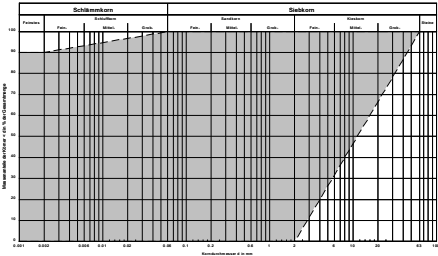
Die Regelgründungsart für die Herstellung der Lärmschutzwandpfosten sind Rammrohrpfähle, die gemäß DIN 18 304 Ramm-/Rüttelarbeiten auszuführen sind. Die Rammpfähle werden in der Regel mit Zwei-Wege-Bagger und Baggeranbauvibratoren sowie Spannvorrichtungen (mit Doppelzangen) überwiegend vom Gleis aus eingerammt. Aufgrund dieser bautechnischen Rahmenbedingungen ist der Einsatz von leistungsstarken Vibratoren begrenzt. Erfahrungsgemäß kommen Geräte mit einer begrenzten Fliehkraft (< 500 kN) zum Einsatz. Werden andere, leistungsstärkere Geräte eingesetzt, ist die Einteilung der Homogenbereiche im Zuge der Ausführung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten.

Für Rammarbeiten zur Herstellung der Gründungspfähle können die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.4-5 verwendet werden. Auf die Rammbarkeiten der Schichten in Kapitel 3.1 des Gutachtens wird hingewiesen. Im Gegensatz zu dieser Einschätzung werden mit den kleineren gleisgebundenen Geräten und Anbauvorrichtungen nur leichte bis mittelschwere Rammarbeiten ausgeführt werden können. Der Homogenbereich Ramm-A wurde für den rammbaren Baugrund zwischen 0,0 m und einer Grenztiefe von $DPH N_{10H} \leq 10$ bzw. $DPM N_{10M} \leq 20$ festgelegt und umfasst die Baugrundsichten 1 – Auffüllungen, 2 – Aueablagerungen

und 3 - Löss. Auf die Darstellungen der schweren und mittelschweren Rammsondierungen in der Anlage 4.3 und in Anlage 3.2 wird verwiesen.

Der Homogenbereich Ramm-B ist für den schwer rammbaren bis nicht rammbaren Baugrund anzusetzen, hier werden Auflockerungs- oder Austauschbohrungen erforderlich. Zur engeren Eingrenzung der lokalen Abweichungen der Rammpbarkeiten über das Bau Feld können die Rammprogramme der Anlage 4.3 herangezogen werden. Die Homogenbereiche für die Rammarbeiten sind im Längsschnitt der Anlage 3.2 grafisch dargestellt.

In den Auffüllungen (Schicht 1a) sowie in der Schicht 2b (Auekies) können Rammhindernisse vorkommen, welche zu lokalen Einschränkungen der Rammpbarkeit führen können (vgl. Anlage 4.4).

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Ramm-A
Schicht Nr.	1a, 1b, 2a, 2b
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung, Auelehm, Auekies, Lösslehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 40 < 20 < 10
Wassergehalt w_n [%]	5 – 50
Plastizitätszahl I_p	0 – 80
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	-0,15 – 1,5 / flüssig – fest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	0 – 1 / locker – dicht/
Bodengruppe	A [..], UL, UM, UA, TL, TM, TA, SE, SW, SI, SU, SU*, ST, ST*, GW, GE, GI, GU, GU*, GT, GT*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

Tabelle 3.4-5: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten in Boden



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Ramm-B
Schicht Nr.	4
ortsübliche Bezeichnung	Unterer Muschelkalk
Benennung von Fels	Schluffstein, Tonstein, Sandstein, Kalkstein, Dolomitstein
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	0 – 250

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

Tabelle 3.4-6: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten im Festgestein

3.4.5 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschieben und ist zur Rekultivierung zu verwerten.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	3, 4, 5
Massenanteil	
Steine [%]	< 10
Blöcke [%]	< 5
große Blöcke [%]	< 5

Tabelle 3.4-7: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

Das Projektgebiet befindet sich im Frosteinwirkungsgebiet I. Die Gründungssohle muss frostsicher, mindestens 1,0 m unter GOF liegen. Im Regelfall sind nach Ril 804, Modul 5501, Abschnitt 3, als Gründungskörper Pfähle (Bohr- oder Rammpfähle) vorzusehen. Alternativ kann auch eine Mikropfahlgründung ausgeführt werden. Für die Lärmschutzwände werden somit **Tiefgründungen** ausgeführt.

Die Regelgründungsart sind Rammrohrpfähle. Die Rammpfähle werden in der Regel aufgrund der Berücksichtigung der Oberleitungsanlagen mit Zwei-Wege-Bagger und Baggeranbauvibratoren sowie Spannvorrichtungen (mit Doppelzangen) überwiegend vom Gleis aus eingerammt. Aufgrund dieser bautechnischen Rahmenbedingungen ist der Einsatz von leistungsstarken Vibratoren begrenzt. Erfahrungsgemäß kommen Geräte mit einer begrenzten Fliehkraft (≤ 500 kJ) zum Einsatz. Die in Tabelle 3.1-2 angegebenen Rammbarkeiten der Baugrundsichten nach dem Grundbautaschenbuch sind hier zu relativieren, da sie auf Erfahrungen mit mittleren bis großen Geräten beruhen. Aufgrund der begrenzten Fliehkraften werden mit den kleineren gleisgebundenen Geräten und Anbauvorrichtungen nur leichte bis mittelschwere Rammarbeiten im Sinne der Einschätzung nach dem Grundbautaschenbuch ohne Einschränkung ausgeführt werden können. Entsprechend wurde das bei der Festlegung der Homogenbereiche für Rammarbeiten (DIN 18 304) in Kap.3.4.4 berücksichtigt.

Die anstehenden Auffüllungen (Schicht 1) sind überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert bzw. weisen meist weiche bis steife Konsistenzen auf. Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung und der lockeren Lagerungsverhältnisse sind sie für den Abtrag von Vertikalkräften nur bedingt geeignet. Der Nachweis zum Abtrag der Horizontalkräfte über die Erddruckberechnungen (vgl. Kap. 6.1) gelingt in den geringer tragfähigen Böden (lockere Lagerung) meistens. Die Auffüllungen sind grundsätzlich leicht bis mittelschwer rammbar. Rammhindernisse in Form von Steinen und Blöcken wurden während der Erkundungen in den Bohrungen nicht direkt angetroffen, jedoch bereichsweise höhere Schlagzahlen bei den Rammsondierungen lassen es nicht völlig auszuschließen. Ggf. können Zusatzmaßnahmen wie Auflockerungsbohrungen notwendig werden.

Die Konsistenz der bindigen Auesedimente (Schicht 2a) wurde als überwiegend weich bestimmt. Die Böden weisen keine ausreichenden Scherfestigkeiten auf und sind für den Abtrag von Vertikal-



kräften nur bedingt geeignet. Der Nachweis zum Abtrag der Horizontalkräfte über die Erddruckberechnungen (vgl. Kap. 6.1) gelingt in den tragfähigen Böden. Diese Lockergesteinsböden sind leicht bis mittelschwer rammbar.

Die Auekiese (Schicht 2b) sind mitteldicht bis dicht gelagert und für den Abtrag von Vertikalkräften geeignet. Der Nachweis zum Abtrag der Horizontalkräfte über die Erddruckberechnungen (vgl. Kap. 6.1) sollte in diesen gut tragfähigen Böden gelingen. Die Auekiese der Schicht 2b sind mittelschwer bis nicht rammbar. Auf den erkundeten Schichtverlauf und die dargestellten Rammbarkeiten im Längsschnitt (vgl. Anlage 3) wird verwiesen.

Der Löss wurde in überwiegend steifer Konsistenz erkundet. Da er im Projektgebiet in der Grundwasserschwankungszone ansteht und zudem sehr wasserempfindlich ist, kann er sich bei Änderung des Wassergehalts und dynamischer Beanspruchung verflüssigen. Deshalb wird der lokal vorhandene Löss für die vorgesehene Lastabtragung als bedingt geeignet eingestuft.

Der obere Muschelkalk der Schicht 4 ist mit seinen Eigenschaften für den Abtrag von Vertikalkräften gut geeignet. Der Nachweis zum Abtrag der Horizontalkräfte über die Erddruckberechnungen (vgl. Kap. 6.1) ist in dieser Schicht realisierbar. Normale Lärmschutzwandpfosten binden nicht tiefer als 5 m bis 6 m in den Baugrund ein. Demnach wird die Schicht 4 für eine Einbindung der Rammpfähle eher nur lokal in Frage kommen. Auf den erkundeten Schichtverlauf und die dargestellten Rammbarkeiten im Längsschnitt (vgl. Anlage 3) wird verwiesen.

Die durchgeführten mittelschweren und schweren Rammsondierungen deuten darauf hin, dass die ausreichend tragfähigen Böden im Bereich der LSW 1 ab ca. 7 m u. GOK, bei LSW 2 ab ca. 7,5 m u. GOK und im Bereich der LSW 3 ab ca. 7 m u. GOK anstehen, wobei im Bereich der BS/DPM 18-BS/DPM 20 diese Schichtgrenze bei etwa 5 m u. GOK und somit etwas höher vorliegt. Genesebedingt können lokal in der Schicht 1a, 2b und 4 Steine und Gerölle enthalten sein, welche neben den dichten bis sehr dichten Lagerungsverhältnissen zu Einschränkungen in der Rammbarkeit bis hin zu fehlendem Rammfortschritt in diesen Schichten führen können. Dann werden die Rammrohre je nach erforderlicher Länge ohne Zusatzmaßnahmen nicht auf die geplante Endteufe gebracht werden können. Dahingehende weitere Empfehlungen zur Bauausführung sind dem Kapitel 6.5 zu entnehmen. Auf den erkundeten Schichtverlauf und die dargestellten Rammbarkeiten im Längsschnitt (vgl. Anlage 3.1-3.3).



4.2 Baugruben / Grundwasserhaltung

Baugruben und ein damit verbundener Erdaushub sind für die Herstellung der Tiefgründungen nicht bzw. nicht in maßgebenden Umfang erforderlich. Desgleichen sind keine geschlossenen Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig.

Eine offene Wasserhaltung ist zur Beherrschung von Oberflächenwasser und Schichtwasser in jedem Fall vorzusehen.

4.3 Nachbarbebauung

Die Standsicherheit des angrenzenden Baubestandes, insbesondere der bestehenden Gleisanlagen, Masten und Bauwerke ist generell zu gewährleisten. Rammgründungen können wegen der Nähe zur Nachbarbebauung hier zu deutlichen Erschütterungen und zu Verdichtungseffekten mit Verformungen bis zur Geländeoberkante, unter Umständen bis in den Gleisbereich, führen. In jedem Fall ist ein frequenzsteuerbares hochfrequentes Rammverfahren zu verwenden und entsprechend auf die günstige Schwingfrequenz abzustimmen. Eine Beweissicherung ggf. verbunden mit einer messtechnischen Überwachung der angrenzenden betroffenen Bauwerke sollte bei einem Abstand < 20 m von der Rammquelle vorgesehen werden. Jene Schutzobjekte, welche einen Abstand $< 5,0$ m zum Einbaustandort aufweisen (Maste, Gleise), sind zusätzlich mittels Verformungsmessungen, während der Rammarbeiten zu überwachen (Höhenmesspunkte und/oder Rissmonitoring).

Bohrpfahlgründungen erfüllen demgegenüber die Anforderungen an ein erschütterungsarmes Bauverfahren.

Sollten die Leitungen und Kabel im Baubereich vorhanden sein, müssen diese umgelegt oder gesichert werden.

4.4 Geotechnische Kategorie

Aufgrund der vorgesehenen Tiefgründung der Lärmschutzwandpfosten über Pfähle wird das Bauwerk in die geotechnische Kategorie 2 nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.



5. BEMESSUNG VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN

Gemäß Ril 804.5501 [U 15] sind für die Bemessung von Lärmschutzwänden an Bahnanlagen die statischen und dynamischen Reaktionen der Einzelbauteile und des Gesamtsystems zu berücksichtigen. Die statische Gesamtstandsicherheit und die Einbindetiefe der Tiefgründungselemente werden nach [U 17] abgeschätzt / berechnet.

Die dynamische Beanspruchung erfolgt durch die Berücksichtigung des Dynamikbeiwertes ϕ_{Dyn} . Die Ermittlung des Dynamikbeiwertes und des Verhältniswertes κ_t sind über eine dynamische Analyse des Gesamtsystems (Wandelement, Pfosten, Pfahlgründung) unter Berücksichtigung der horizontalen Bettung des Gründungspfahls durchzuführen. Auf die Unterlage [U 15] wird verwiesen.

Je nach System der Lärmschutzwände wird zwischen Wänden mit hoher Eigenfrequenz (Leichtbauelemente) und niedriger Eigenfrequenz (Betonelemente) unterschieden. In Abhängigkeit der Systemwahl ist als maßgebender dynamischer Bettungsmodul $k_{s,k,\text{dyn}}$ bei geschichtetem Baugrund

- für Systeme mit hoher Eigenfrequenz jeweils der niedrigste Bettungsmodul und
- für Systeme mit niedriger Eigenfrequenz jeweils der höchste Bettungsmodul

Für die über die gesamte Pfahllänge auftretenden Bodenschichten anzusetzen. Zur Ermittlung des dynamischen Bettungsmoduls wurde entsprechend EC 7, Kap. 7.7.3 [U 16] und [U 19] der Ansatz $E_{s,k,\text{dyn}} / E_{s,k,\text{stat}}$ gemäß [U 17] gewählt.

Die in nachfolgender Tabelle 5-1 angegebenen Bettungsmoduln $k_{s,k,\text{dyn}}$ wurden nach der bekannten Formel $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$ für einen mittleren Pfahldurchmesser von $D_s = 0,5 \text{ m}$ ermittelt. Werden andere Pfahldurchmesser gewählt, sind die Bettungsmoduln entsprechend der tatsächlichen Durchmesser anzupassen.



Schicht Nr.	Bodengruppe nach DIN 18 196	Steifemodul ¹⁾ $E_{s,k,stat}$ [MN/m ²]	Steifemodul ¹⁾ $E_{s,k,dyn}$ [MN/m ²]		Bettungsmodul ¹⁾ $k_{s,k,dyn}$ [MN/m ³]	
			von ²⁾	bis ³⁾	von ²⁾	bis ³⁾
1	Auffüllungen	10	70	100	115	165
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemm Massen	10	70	100	115	165
2b	Auekies	50	200	300	330	500
3	Löss	10	70	100	115	165
4	Obere Muschelkalk	60	240	360	400	600

1) Belastungsbereich 100 kN/m² bis 250 kN/m²

2) für Systeme mit hoher Eigenfrequenz = niedrigster Bettungsmodul

3) für Systeme mit niedriger Eigenfrequenz = höchster Bettungsmodul

Tabelle 5-1: Dynamische Bettungsmoduln

Für den Ansatz des dynamischen Bettungsmoduls von Pfahlgründungen in Geländegleichlagen ist davon auszugehen, dass ab der Oberkante Erdreich der dynamische Steifemodul mit Null beginnend über eine Tiefe von 3,0 m linear auf seinen Maximalwert kontinuierlich zunimmt und unterhalb einer Tiefe von 3,0 m, den Maximalwert beibehaltend, mit der Tiefe weiter konstant verläuft [U 15]. Für Pfahlgründungen in Dammlage ist die Berechnung der Erdwiderstände gemäß Vogt [U 18] auszuführen.

Der Ansatz des Bettungsverlaufs ab GOF setzt voraus, dass keine Einbauten (z.B. Kabelschächte etc.) im Einflussbereich der Bettungswirkung vorhanden sind. Ansonsten darf der Bettungsverlauf erst an der Unterkante solcher Einbauten mit 0 beginnen und ist auf den darunter liegenden 3 m

linear anzuheben. Für alle tiefer liegenden Schichten wird der Bettungsverlauf konstant mit dem abgeschätzten Bettungsmodul der jeweiligen Schicht festgelegt. Bettungssprünge im Lockergestein sind durch Übergänge, wie in der folgenden Skizze (Abbildung 5-1) dargestellt, auszugleichen.

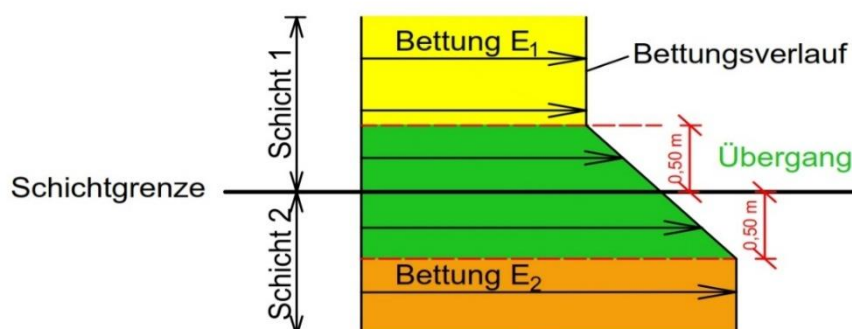


Abbildung 5-1: Systemskizze Bettungsverlauf der Übergänge im Lockergestein



6. EMPFEHLUNGEN

6.1 Tiefgründung Strecke LSW – Nachweisverfahren nach M EBGs-Lsw

Die Ermittlung der erforderlichen Einbindetiefe und der Schnittgrößen der Gründungspfähle im Bereich der Strecke kann in Anlehnung an das Berechnungsverfahren nach Vogt [U 18], welches in [U 17] enthalten ist, unter Berücksichtigung der in Ril 804.5501 angegebenen statischen und dynamischen Beanspruchungen erfolgen. Demnach wird über das Gleichgewicht der am Pfahlkopf angreifenden Kräfte und Momente, mit den aus Verformungen resultierenden Erddruckänderungen am Pfahlmantel, die Pfahllänge ermittelt.

Dabei ist zu beachten, dass das Berechnungsmodell nach Vogt [U 18] nur einen homogenen Baugrund berücksichtigt. Bei geschichtetem Baugrund sind gewichtete mittlere Bodenkennwerte gemäß Abbildung 6.1-1 anzusetzen.

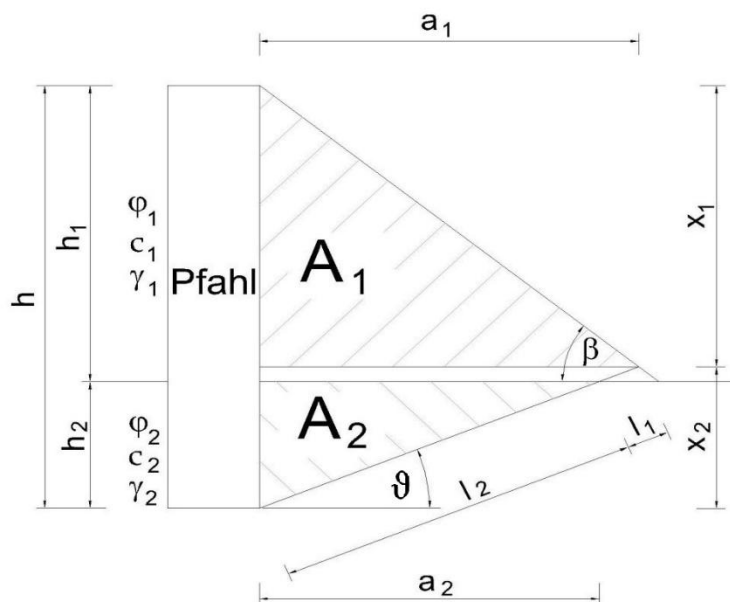


Abbildung 6-1: Systemskizze zur Wichtung der Bodenkennwerte bei Anwendung des Verfahrens nach Vogt [U 18]

Die anzusetzenden Wichten γ und γ' ergeben sich dabei aus einer anteilmäßigen Mittelung der Flächen A_i der über der Gleitfläche anstehenden Bodenschichten. Der maßgebende Reibungswinkel ϕ_i' und Kohäsion c_i' ergeben sich aus einer anteilmäßigen Mittelung der innerhalb der Länge der Gleitfläche wirksamen Scherparameter der unterschiedlichen Baugrundsichtung.



Bei der Mittelung der Bodenkennwerte ist die Variation des Gleitflächenwinkels ϑ und der über die Länge des Abschnittes variierende Böschungswinkel β zu berücksichtigen.

Vereinfachend können, auf der sicheren Seite liegend, die über die Pfahllänge charakteristischen Bodenkennwerte mit den niedrigsten Scherfestigkeiten (φ' und c') angesetzt werden.

Bei Ermittlung der Pfahleinbindetiefe und Schnittgrößen nach Vogt [U 18] ist die angesetzte Kohäsion auf $c_k'/2$ zu reduzieren und ein Wandreibungswinkel von $\delta_k' = -\varphi_k'/2$ anzusetzen, um Unsicherheiten des Rechenmodells bei bindigen Böden abzudecken.

Die Sicherheitsbeiwerte sind entsprechend Ril 804.5501, Abschnitt 5 („Bemessung von Lärmschutzwänden“) in Abhängigkeit der Zuggeschwindigkeiten festzulegen. Die Einwirkungen von Druck-Sog aus dem Zugverkehr sind gemäß Ril 804.5501, Kapitel 5.4 als Quasi-statische Ersatzlasten (Standardverfahren) zu berücksichtigen.

Aufgrund der häufigen Beanspruchungswechsel infolge Druck-Sog-Einwirkungen aus Zugverkehr sind alle Bauteile der Lärmschutzwände zusätzlich auf Materialermüdung nachzuweisen.

6.2 Tiefgründung Sonderbauwerk – Nachweisverfahren nach EA-Pfähle

Der Nachweis der **vertikalen Lastabtragung** ist bei den Lärmschutzwandgründungspfählen im Bereich der normalen Strecken aufgrund der geringen vertikalen Lasten untergeordnet. Muss dieser Nachweis dennoch geführt werden bzw. handelt es sich um die **Gründung / Überspannung von Bauwerken (z.B. mit Torsionsbalken)**, so müssen zur Bemessung dieser Pfähle charakteristische Pfahlwiderstände (Pfahlmantelreibungswerte und Pfahlspitzenwiderstände), z.B. aus der EA-Pfähle [U 20], abgeleitet werden.

In den Auffüllungen (Schicht 1), den überwiegend weichen Auelehmen der Schicht 2a sowie dem steifen Löss Schicht 3 sind für die Herleitung charakteristischer Pfahlwiderstände aus der EA-Pfähle keine hinreichenden Werte für undrainierte Scherfestigkeit nachweisbar, die einen Spitzenwiderstand zulassen. Deshalb können für diese Böden generell keine Spitzenwiderstände für Tiefgründungen gemäß EA-Pfähle abgeleitet werden. Wenn diese Schichten zum Lastabtrag von Spitzenwiderständen am Pfahlfuß mit herangezogen werden sollen (Optimierung der Pfahllängen), sind prinzipiell Probelastungen erforderlich.



Grundsätzlich ist zu beachten, dass die nachgenannt angegebenen charakteristischen Werte für Mantelreibung und Spitzenwiderstand ggf. bei Durchführung von Probelbelastungen erhöht werden können.

6.2.1 Rammrohrgründung

Für die Ableitung von **Rammpfahlwiderständen** ohne Probelbelastungen mit hohem Vertikallastabtrag, z.B. an Sonderbauwerken, wird in der EA-Pfähle eine Pfahleinbindung von mindestens 2,5 m in eine tragfähige Schicht gefordert. Als tragfähiger Boden gilt ein mindestens steifer bindiger Boden bzw. ein mindestens mitteldicht gelagerter nicht bindiger Boden. Für den Bereich unterhalb der Pfähle wird für den Ansatz eines Pfahlspitzendruckes ein Boden gefordert, der einen Spitzenwiderstand der Drucksonde von $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ bzw. eine Scherfestigkeit des undränierten Bodens $c_{u,k} \geq 100 \text{ kN/m}^2$ aufweist. Unabhängig davon wird in der EA-Pfähle empfohlen, die Pfähle so tief einzubringen, dass unterhalb der Pfahlfüße $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$ gewährleistet ist. Die Auffüllungen (Schicht 1) die Auelehme (Schicht 2a) und der Lösslehm genügen diesen Anforderungen nicht durchgängig. In den mitteldicht bis sehr dicht gelagerten Auekiesen (Schicht 2b) sowie in der Schicht 4 sind diese Werte gegeben.

Die charakteristischen Pfahlkennwerte nach EA-Pfähle sind in der nachfolgenden Tabelle 6.2-1 zusammengestellt. Die Werte gelten für Fertigrammpfähle aus Stahlbeton oder Spannbeton. Der Ansatz des Pfahlspitzenwiderstandes setzt eine Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unter der Pfahlfußfläche von nicht weniger als fünf Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m, voraus. Wenn die genannten geometrischen Werte unterschritten werden, ist ein Nachweis gegen Durchstanzen zu führen. Zudem ist dann nachzuweisen, dass die darunter liegende Schicht das Setzungsverhalten des Pfahls nicht maßgeblich negativ beeinträchtigt.

Für die Lärmschutzwände (einfache Pfosten) wird eine Grenzsetzung $s_{sg} \leq 0,1 \times \text{Pfahldurchmesser}$ als verträglich angesehen. Der angegebene Spitzenwiderstand kann für eine Gründung einfacher Pfosten unterhalb der Schichten 1, 2a, 3 in der Schicht 2b bzw. Schicht 4 ohne Mindesteinbindung voll ausgenutzt werden. Die Annahme der Verträglichkeit der Verformungen $0,1 \times \text{Pfahldurchmesser}$ ist von planerischer Seite zu überprüfen.



Nr.	Bodenschicht Bezeichnung	charakteristische Pfahlmantelreibung bei $s_{sg} = 0,1 D_{eq}$ $q_{s,k}$ [kN/m ²]	charakteristischer Pfahlspitzen- widerstand $q_{b,k}$ [kN/m ²]	
			für die bezogene Pfahlkopfset- zung s/D_{eq} [/]	
			$s/D_{eq} = 0,035$	$s/D_{eq} = 0,100$
1	Auffüllungen	10 ¹⁾	-	-
2a	Auelehme	20	-	-
2b	Auekiese	55	2.200	4.200
3	Löss	20	-	-
4	Muschelkalk	200	5.000	7.500

1) Unter der Voraussetzung, dass pro Pfahl Vertikallasten bis max. 100 kN/m² abgetragen werden und Pfahlsetzungen in vertikaler Richtung bis zu 2,5 cm vertretbar sind, kann in den erdfeuchten Auffüllungen (Schicht 1) eine charakteristische Pfahlmantelreibung von 10 kN/m² angenommen werden.

Tabelle 6.2-1: Charakteristische Pfahlkennwerte für **Fertigrammpfähle** aus Stahlbeton und Spannbeton

Für Fertigrammpfähle aus **Stahlträger- und Stahlrohrprofilen** sind die Werte der Tabelle 6.2-1 mit **Anpassungsfaktoren** für den Pfahlspitzendruck (η_b) und die Pfahlmantelreibung (η_s) durch Multiplikation abzumindern (vgl. EA-Pfähle, Tabelle 5.5). Die **Mantelreibung** ist für Stahlträgerprofile und doppelte Stahlträgerprofile sowie für geschlossene Stahlrohre ($D_b \leq 0,80$ m) mit $\eta_s = 0,6$ zu multiplizieren. Für offene Stahlrohre und Hohlkastenprofile ($0,3 \text{ m} \leq D_b \leq 1,6 \text{ m}$) ist der Multiplikator über $\eta_s = 1,1 \times e^{-0,63 \cdot D_b}$ zu ermitteln. Der **Spitzenwiderstand** ist für doppelte Stahlträgerprofile (z. B. HEB) mit $\eta_b = 0,25$ abzumindern. Für geschlossene Stahlrohre ($D_b \leq 0,80$ m) ist der Multiplikator mit $\eta_b = 0,80$ anzusetzen. Bei offenen Stahlrohren und Hohlkastenprofilen ($0,3 \text{ m} \leq D_b \leq 1,6 \text{ m}$) ist der Multiplikator über $\eta_b = 0,95 \times e^{-1,2 \cdot D_b}$ zu ermitteln.

Die **Standssicherheit** des angrenzenden **Baubestandes** (Oberleitungsmasten u.a.) ist generell zu gewährleisten. Zum Einbringen der Rammelemente sind in diesen Bereichen erschütterungsarme Gründungsverfahren zu bevorzugen und ein frequenzsteuerbares hochfrequentes Rammverfahren zu verwenden (vgl. Kapitel 4.3).

Trotz der lokal dichten bis sehr dichten Lagerungsverhältnisse in der Schicht 2b (Auekiese) können Rammpfähle für die Gründung der LSW ausgeführt werden. Es sind allerdings Zusatzmaßnahmen, wie Auflockerungsbohrungen, für das Einbringen der Gründungspfähle erforderlich. Wir gehen davon aus, dass die Rammpfähle mit gleisgebundener Technik (mittlerer Rammenergie) mit Zwei-



Wege-Bagger und HVR60 (Doppelzange) oder MOVAX Ramme eingebracht werden. Es werden vorlaufende Auflockerungsbohrungen mit einem Durchmesser von 350 mm bis zur geplanten Endtiefe empfohlen. Erfahrungsgemäß wird eine zweite Auflockerung im Rammrohr nach einer Pfropfenbildung ab Rammtiefen von ca. 3,5 m bis 4,5 m notwendig. Diese sollte maximal mit dem Durchmesser des Rammrohres erfolgen. Optional kann zum Erreichen der Endtiefe eine Schlagramme eingesetzt werden. Weiterhin wird empfohlen, für die Wandstärke der Rammrohre mindestens 10 mm zu wählen, damit die Rohre der Belastung beim Einrammen standhalten können.

6.2.2 Mikropfahlgründung

Wenn im Ausnahmefall keine Probelastungen ausgeführt werden, kann zur Bemessung von verpressten Mikropfählen der charakteristische Pfahlmantelreibungswert gemäß Tabelle 6.2-2 angesetzt werden. Ein Pfahlsitzenwiderstand darf für diese Pfahlart systembedingt nicht angesetzt werden.

Bodenschicht		Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ [kN/m ²]
Nr.	Schicht	
1	Auffüllungen	- ¹⁾
2a	Auelehm	55
2b	Auekies	100
3	Löss	70
4	Muschelkalk	200

1) muss mit Probelastungen bestimmt werden.

Tabelle 6.2-2: Charakteristische Mantelreibungen von verpressten Mikropfählen in Anlehnung an EA-Pfähle

Die Aufnahme von Horizontalkräften kann im Falle der Ausführung von Mikropfählen nur über Schrägpfähle erfolgen.

6.2.3 Bohrpfahlgründung

Für die Ableitung von **Bohrpfahlwiderständen** ohne Probelastungen für hohen Vertikallastabtrag (z.B. an Sonderbauwerken) wird in der EA-Pfähle eine Pfahleinbindung von mindestens 2,5 m in



den tragfähigen Boden gefordert. Dies ist durchgängig ab der Schicht 4 gegeben. Für die Ausführung von Bohrpfählen ist eine Mindestlänge von 5,0 m einzuplanen.

Für die Ableitung der Pfahlspitzenwiderstände von Bohrpfählen wird eine Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unterhalb der Pfahlaufstandsfläche von mindestens 1,5 m gefordert, wobei in diesem Bereich $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ bzw. $c_{u,k} \geq 100 \text{ kN/m}^2$ nachzuweisen ist. Darüber hinaus wird in der EA-Pfähle empfohlen, die Pfahlfüße in Bereichen mit $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$ abzusetzen. Die Auffüllungen (Schicht 1), die Auelehme (Schicht 2a) und Löss (Schicht 3) genügen diesen Anforderungen nicht durchgängig. In den mitteldicht bis dicht gelagerten Auekiesen der Schicht 2b sowie der Schicht 4 sind diese Werte gegeben.

Zur Bemessung von Bohrpfählen können die in der **Tabelle 6.2-3** aufgeführten charakteristischen Pfahlkennwerte, abgeleitet aus der EA-Pfähle, angewendet werden.

Nr.	Schicht Bezeichnung	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²]		
			$s/D_s = 0,02$	$s/D_s = 0,03$	$s/D_s = s_g = 0,10$
2a	Auelehm	0,025	-	-	-
2b	Auekiese	0,055	0,55	0,7	1,6
3	Löss	0,030	-	-	-
4	Muschelkalk	0,2	2,5		

Tabelle 6.2-3: Charakteristische Pfahlwiderstände für Bohrpfähle

Ein Ansatz der Erfahrungswerte für die Pfahlspitzenwiderstände nach EA-Pfähle kann bei Unterschreitung vorstehender Forderungen nur dann erfolgen, wenn ein Nachweis gegen Durchstanzen geführt werden kann bzw. der unter der Pfahlaufstandsfläche liegende Boden das Setzungsverhalten des Pfahls nicht maßgeblich beeinträchtigt.

Die in der **Tabelle 6.2-3** angegebenen Werte gelten für **Einzelpfähle**. Für alle Pfahlsysteme ist bei Anordnung von mehreren Pfählen in unmittelbarer Nachbarschaft bzw. mit geringem Abstand zueinander die **Pfahlgruppenwirkung** nach EA Pfähle zu berücksichtigen. Der Grenzabstand, ab dem die Wechselwirkung zweier benachbarter Pfähle vernachlässigbar klein ist, kann nach EA-Pfähle mit dem 6 bis 8-fachen Pfahldurchmesser angenommen werden.



6.2.4 Horizontale Bettung von Pfahlgründungen

Die charakteristische horizontale Pfahlbettung $k_{s,k}$ kann nach EC 7, Abschnitt 7.7.3, über den charakteristischen Steifemodul $E_{s,k}$ und den Pfahlschaftdurchmesser D_s zu $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$ ermittelt werden. Für $D_s > 1,0$ m ist $D_s = 1,0$ m anzusetzen. Für $E_{s,k}$ können die in **Tabelle 3.2-1** angegebenen Werte angesetzt werden.

Bei der Ermittlung des Bettungsmoduls ist für jede Tiefenlage zu prüfen, ob der ermittelte örtliche Pressungswert an keiner Stelle die im ebenen Fall berechnete Erdwiderstandsspannung überschreitet, $\sigma_{h,k} \leq e_{ph,k}$. Außerdem darf der seitliche Bodenwiderstand nicht größer angesetzt werden, als es der Bemessungswert des räumlichen Erdwiderstandes für den Anteil der Einbindetiefe bis zum Drehpunkt (Verschiebungsnullpunkt) zulässt, $B_{h,d} \leq E'_{ph,d}$. Bzgl. des Nachweises der horizontalen Pfahlbettung sind auch die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle) zu beachten.

Der Bettungsverlauf sollte erst 1 m unter Gelände einsetzen und linear ab 1 m u. GOK auf einer Strecke von 3 m ansteigen von 0 MN/m³ bis auf den für diese Schicht zutreffenden Wert. Für alle tiefer liegenden Schichten wird der Bettungsverlauf konstant mit dem abgeschätzten Bettungsmodul der jeweiligen Schicht festgelegt. Bettungssprünge im Lockergestein sind durch Übergänge auszugleichen. Auf die Ausführungen und die Skizze in Kapitel 5 wird verwiesen.

6.3 Baugruben / Wasserhaltung

Bei der Ausführung der Tiefgründung sind keine Baugruben erforderlich. Technologische Gruben / Kopflöcher an den Pfahlköpfen dürfen bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht geschachtet werden. Ein Eingriff in den Stützbereich der Gleise ist bei der Herstellung der Kopflöcher zu vermeiden. Ist dies dennoch erforderlich, ist ein verformungsarmer Gleislängsverbau erforderlich.

Im Bereich angrenzender Bauwerke ist darauf zu achten, dass mit den vorgenannten technologischen Gruben keine bestehenden Fundamente abgegraben werden. Im Nahbereich von Bauwerken sind ggf. Sicherungen (Verbaumaßnahmen) erforderlich. Die DIN 4123 und die DIN 4124 sind neben den Regelungen der Ril 836 zu beachten. Bei Ausführung der Tiefgründungen für die LSW werden keine Maßnahmen zur geschlossenen Wasserhaltung notwendig.



Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihrer Beseitigung, inkl. das Fassen und geordnete Ableiten von anfallenden Sickerwässern ist gemäß DIN 18 299 als Nebenleistung anzusehen.

Bei der Herstellung von Bohrpfählen unter dem Bauwasserstand ist zur Vermeidung von Sohlaufbrüchen mit Wasserauflast zu bohren. Beim Betonieren verdrängtes Grundwasser ist ordnungsgemäß zu fassen und abzuleiten. Dafür ist das Einholen einer Wasserrechtlichen Genehmigung notwendig.

6.4 Empfehlungen zur Bauausführung

Im gesamten Planungsabschnitt sind Rammpfahl- und Bohrpfahlgründungen gleichfalls wie Mikropfahlgründungen aus geotechnischer Sicht einsetzbar. Insbesondere in den Auekiesen (Schicht 2b) muss lokal mit schwerer bis sehr schwerer Rammbarkeit gerechnet werden, die Auflockerungsbohrungen notwendig machen.

Aus zahlreichen Erfahrungen der DB InfraGo AG und bei der Bauüberwachung können nachfolgende Empfehlungen zur erfolgreichen Ausführung der Rammgründungen abgeleitet werden. Diese Empfehlungen gelten für die Herstellung der Rammpfahlgründungen mit Vibrationsrammen mit Fliehkräften bis ca. ≤ 500 kN.

- Rammrohre mit max. 5 m Länge sind bei Schlagzahlen der mittelschweren Rammsonde (DPM) von $N_{10M} \leq 20$ bzw. der schweren Rammsonde (DPH) $N_{10H} \leq 10$ in der Regel mit vertretbaren Rammzeiten ohne Einschränkungen einzubringen (Schichten 1, 2a und 3)
- Bei Rammrohren > 5 m Länge ist aufgrund häufig auftretender Pfropfenbildung im Rammrohr mit Rammzeiten > 10 min zu rechnen. Bei diesen Rammzeiten sind Auswirkungen auf die Gleislage des angrenzenden Bestandsgleises wahrscheinlich. Durch eine Begrenzung der Rammzeiten können die Auswirkungen auf das Gleis minimiert werden. Dazu sind Entlastungsbohrungen im Rammrohr (s.u.) erforderlich.
- Bei Schlagzahlen der DPM von $N_{10M} \geq 20$ (DPH - $N_{10H} \geq 10$) ist ein Rammen mit der gleisgebundenen Technik ohne vorlaufende Auflockerungsbohrung (s.u.) nicht mehr möglich (Schicht 2a und 4).



Bei vorlaufenden Auflockerungsbohrungen müssen die Bohrdurchmesser mindestens 30 % kleiner sein als das Rammrohr, damit auf eine Abminderung der Mantelreibung am Rammpfahl verzichtet werden kann. Es wird grundsätzlich in folgende Verfahren unterschieden:

- **vorlaufende Auflockerungsbohrungen ohne Materialentnahme** – Die Auflockerung dabei erfolgt vorlaufend zu den Rammarbeiten. Der Schneckendurchmesser muss mindestens 30% geringer ausfallen, als der Rammrohrdurchmesser. Das Rammrohr wird anschließend in den aufgelockerten Boden einvibriert. Gelingt dies nicht vollständig, kann zusätzlich eine Entlastungsbohrung im teilweise eingerammten Rammrohr notwendig werden.
- **Entlastungsbohrungen mit und ohne Materialentnahme im vorgerammten Rammrohr** – Diese Arbeiten werden nur bis UK Rammrohr ohne Beschränkung des Bohrdurchmessers vorgenommen. Eine der UK Rammrohr vorausseilende Auflockerung ist untersagt. Damit wird die Mantelreibung im Rammrohr abgemindert und einer Pfropfenbildung infolge der Verdichtung im Rohr entgegengewirkt. Diese Maßnahme muss ggf. mehrfach wiederholt werden, bis die Endtiefe erreicht ist.

Bei Schlagzahlen der mittelschweren Rammsonde $DPM - N_{10M} \geq 60$ ($DPH - N_{10H} \geq 30$) ist ein Rammen mit gleisgebundener Technik ohne umfangreiche Zusatzmaßnahmen nicht mehr wirtschaftlich möglich, hier sind zusätzlich zu den Auflockerungsbohrungen ggf. auch **der Einsatz von Schlagrammen** mit deutlich höherer Rammenergie notwendig.

In diesem Fall sind Proberammungen auszuführen, um die optimale Technologie vor Ort im Einzelfall festzulegen.

Austauschbohrungen werden in der Regel eingesetzt, wenn nicht rammbarer Felsersatz oder angewitterter Fels als Gründungsschicht vorliegen und das Rammrohr dort einbinden muss. Austauschbohrungen werden mit einem ca. 10 % größeren Bohrdurchmesser als das Rammrohr ausgeführt. Der Bohr- / Gründungspunkt wird vollständig ausgebohrt und mit gut tragfähigem, selbstverdichtendem Material (z.B. Splitt 4/8 bzw. 8/16) wieder locker verfüllt. Der notwendige Kraftschluss zwischen Rammrohr und Baugrund wird durch das Einvibrieren und die Verdichtung des Austauschbodens gewährleistet. Der Austauschboden ist während der Rammarbeiten nachzufüllen. Voraussetzung ist ein standsicheres Bohrloch im unverrohrten Zustand. Bei Wasserzutritten im Lockergestein ist eine unverrohrte Bohrung nicht umsetzbar.



Bei wassergefüllten Lockergesteinsschichten sind Austauschbohrungen nicht zielführend.

Grundsätzlich wird im Rahmen der Bauausführung zu Beginn der Rammarbeiten empfohlen, an ausgewählten, für das Baufeld typischen geologischen Profilen und unterschiedlichen Einbindelängen eine Proberammung auszuführen, um die eingesetzte Technologie zu testen und ggf. anzupassen bzw. um weitere erforderliche Zusatzmaßnahmen vorab festzulegen. Mit der Proberammung sind maximal zulässige Rammzeiten für jeden Pfahl festlegbar, bei welchen der Schutz der Nachbarbebauung noch gegeben ist. Die Gründungsverhältnisse der Fahrleitungs- und Signalmasten sind im Vorfeld zu recherchieren, um erforderliche Überwachungs- und Schutzmaßnahmen festzulegen. Es wird empfohlen, an problematischen Masten ebenfalls Proberammungen auszuführen. Diese Proberammungen sollten in der Ausschreibung berücksichtigt werden.

6.5 Sonstige Empfehlungen

Tiefgründungen sind analog zu den Regelungen des EC 7, Teil 1, Abs. 4.3 durch den geotechnischen Sachverständigen geotechnisch zu begleiten.

Eine Beweissicherung an eng angrenzenden Bauwerken (< ca. 20 m von der Rammachse) auf Auswirkungen durch Rammarbeiten wird empfohlen. Die Bestandsbauwerke (v.a. Mastfundamente und Nachbarbebauung) sollten ggf. durch Erschütterungsmessungen und Rissbeobachtungen an bestehenden Schäden überwacht werden, um Schäden vorzubeugen und unberechtigten Forderungen Dritter entgegenzuwirken. Bei benachbarten Bauwerken im Abstand von < 5 m sind zusätzlich zu den Erschütterungsmessungen Verformungsmessungen an zu schützenden Objekten vorzusehen.

Durch Rammarbeiten können bei ungünstigen Bodenverhältnissen (lockere Lagerung von rolligen Böden, Auftreten von Schichtenwasser) Verformungen infolge der dynamischen Anregung durch den Rammvorgang nicht ausgeschlossen werden. Aus diesen Gründen sind folgende Maßnahmen zu empfehlen:

- Gleislagemessungen zur Überwachung der Betriebsgleise im unmittelbaren Baubereich;
- technologische Anpassungen der Rammarbeiten (frequenzsteuerbares Rammgerät);
- abschließende Festlegung notwendiger Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen;



- zur ggf. erforderlichen Nachjustierung der Gleisanlage und der Oberleitungen ist entsprechende Technik vorzuhalten.

Grundsätzlich sollte eine Proberammung ausgeführt werden, um die Auswirkungen auf das Betriebsgleis im Vorfeld abschätzen und den vorbeschriebenen Maßnahmenkatalog entsprechend bedarfsgerecht einplanen zu können.

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. 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.

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

i.V. (gezeichnet)

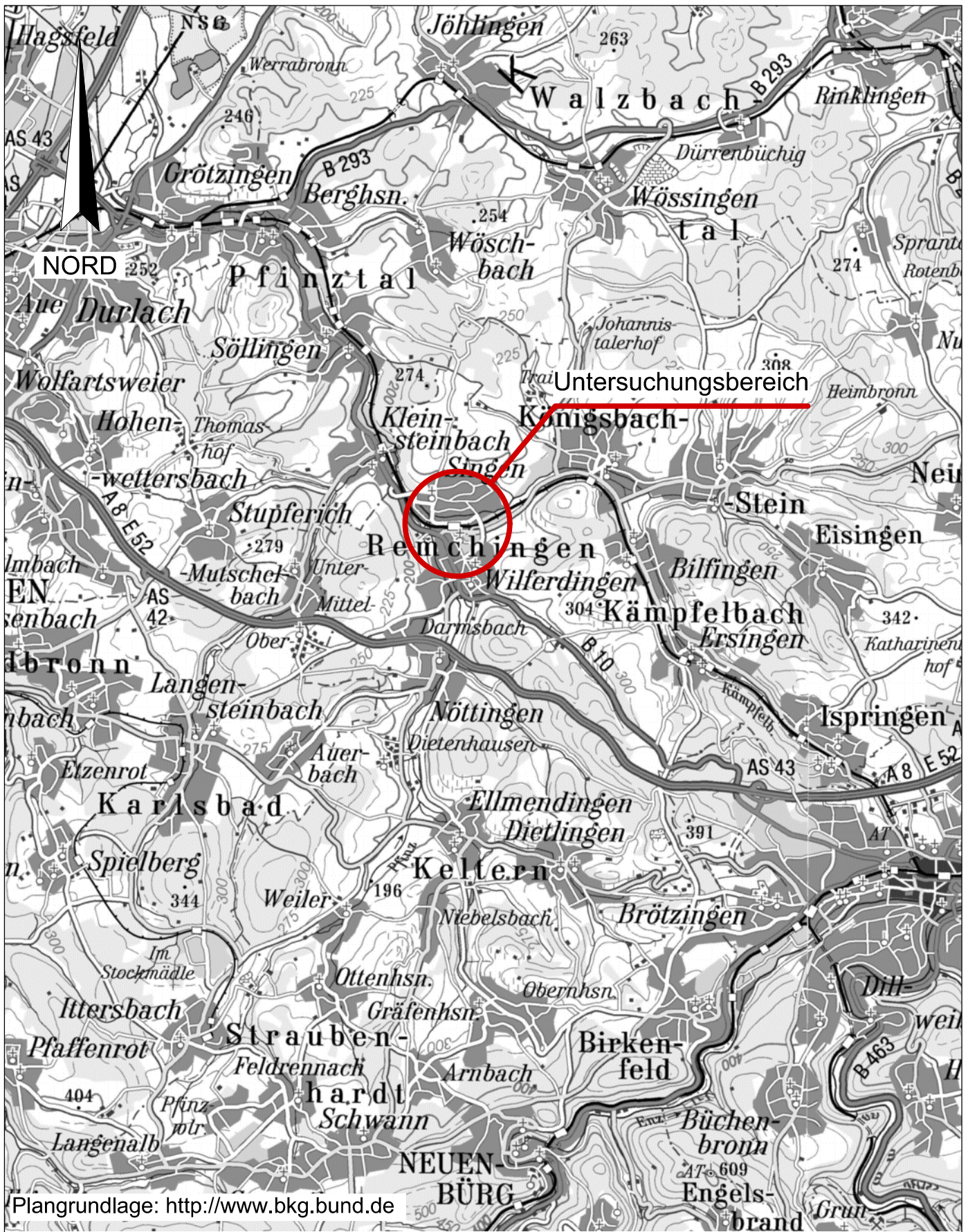
Dipl.-Geol. Peter Kordeuter
(Senior Experte Geotechnik)

i.V.


Mag.-Ing.-Geol. Nikola Corak
(Teamleiter)

- Verteiler:**
- OBERMEYER Infrastruktur GmbH & Co. KG, Frau Mersmann, Stuttgart, 1 x per Mail an <corinna.mersmann@obermeyer-group.com>,
 - DB InfraGO AG, Herr Budzen, Karlsruhe, 1 x per E-Mail an <Daniel.Budzen@deutschebahn.com>,
 - Dr. Spang GmbH, Esslingen, 1 x

\\svr-file-01.drspangmbh.local\acad\Daten\IP11000-11099\IP11022\6_Geotechnik\Gutachten\Einzelbauwerk\Geotechnik\IP11022_Anl.1_ÜLP.dwg
Ansichtsfenster : Anl.1.1



Plangrundlage: <http://www.bkg.bund.de>



DR. SPANG

AUFTRAGGEBER:
DB InfraGO AG

Übersichtslageplan

PROJEKT:
DB LSW Wilferdingen Str 4200

Anlage:	1.1
Projekt Nr.:	46.11022
Plan Nr.:	46.11022/ 1.1
Datum:	19.01.2026
Maßstab:	1:100.000
Gezeichnet:	Dri
Geprüft:	Yuan

E:\Daten\IP11000-11099\IP11022\6_Geotechnik\Gutachten\Einzelbauwerk\Geotechnik\IP11022_An1.2_LP.dwg
Ansichtsfenster: : Anl. 2.1



Legende:

- BS Kleinrammbohrung
- DPH mittelschwere Rammsondierung

Plangrundlage:
IVL 4200 AP, Stand 20.10.2022
www.lgl-bw.de, Stand 19.01.2026

Nummer	Änderung bzw. Ergänzung	Name	Datum



DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für
Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH
Eberhard-Bauer-Straße 32, 73734 Esslingen/Neckar
Telefon: 0711 / 351 30 49 - 0 Fax: 0711 / 351 30 49 - 19
Email: esslingen@dr-spang.de Web: <http://www.dr-spang.de>

DB InfraGO AG

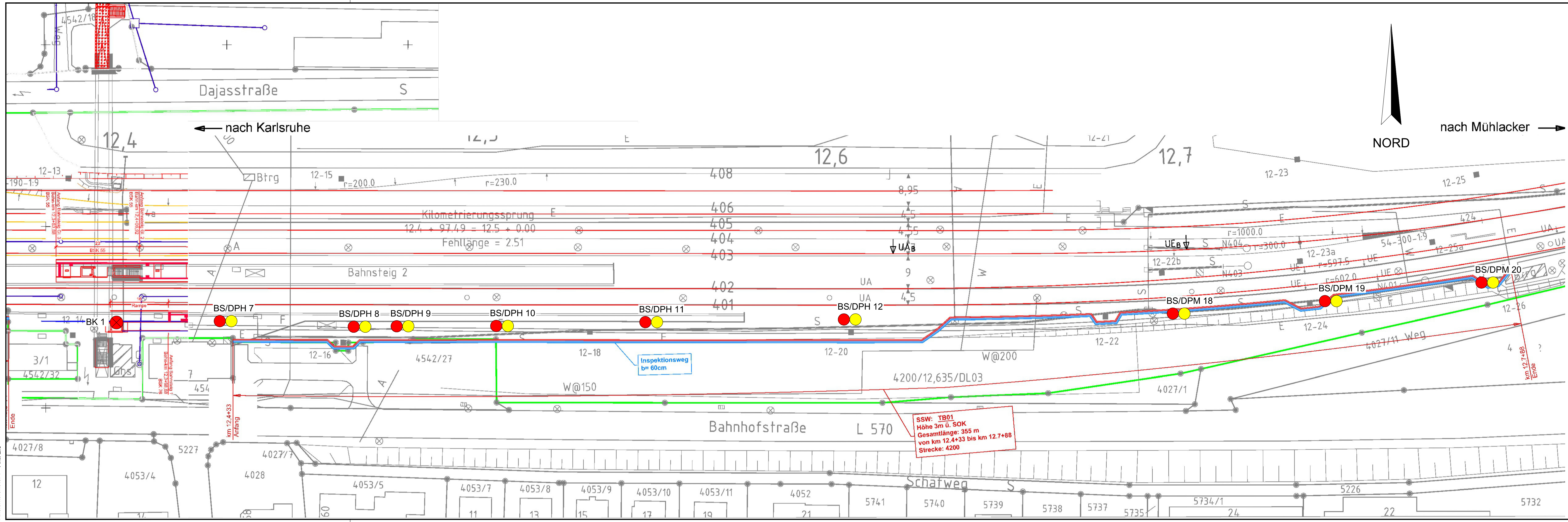
DB LSW Wilferdingen Str 4200

Lageplan mit Aufschlusspunkten

Geotechnisches Gutachten

Gezeichnet:	Dri	Entworfen:	Yuan
Geprüft:	Cor	Datum:	19.01.2026
Plan-Nr.:	46.11022/ 2.1	Proj.-Nr.:	46.11022
Maßstab:	1:500	Anlage:	2.1

\\svr-file-01.drspangmbh.local\cad\Drawings\1000-11099\IP11022\Gutachten\Einzelbauwerk\Geotechnik\IP11022_An12_LP.dwg
Ansichtsfenster: Anl. 2.3



Legende:

- BS Kleinrammbohrung
- DPM mittelschwere Rammsondierung
- DPH schwere Rammsondierung
- BK Kernbohrung

Plangrundlage:
IVL 4200 AP, Stand 20.10.2022
www.lgl-bw.de, Stand 19.01.2026

Nummer	Änderung bzw. Ergänzung	Name	Datum



DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für
Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH
Eberhard-Bauer-Straße 32, 73734 Esslingen/Neckar
Telefon: 0711 / 351 30 49 - 0 • Fax: 0711 / 351 30 49 - 19
Email: esslingen@dr-spang.de • Web: http://www.dr-spang.de

DB InfraGO AG

DB LSW Wilferdingen Str 4200

Lageplan mit Aufschlusspunkten

Geotechnisches Gutachten

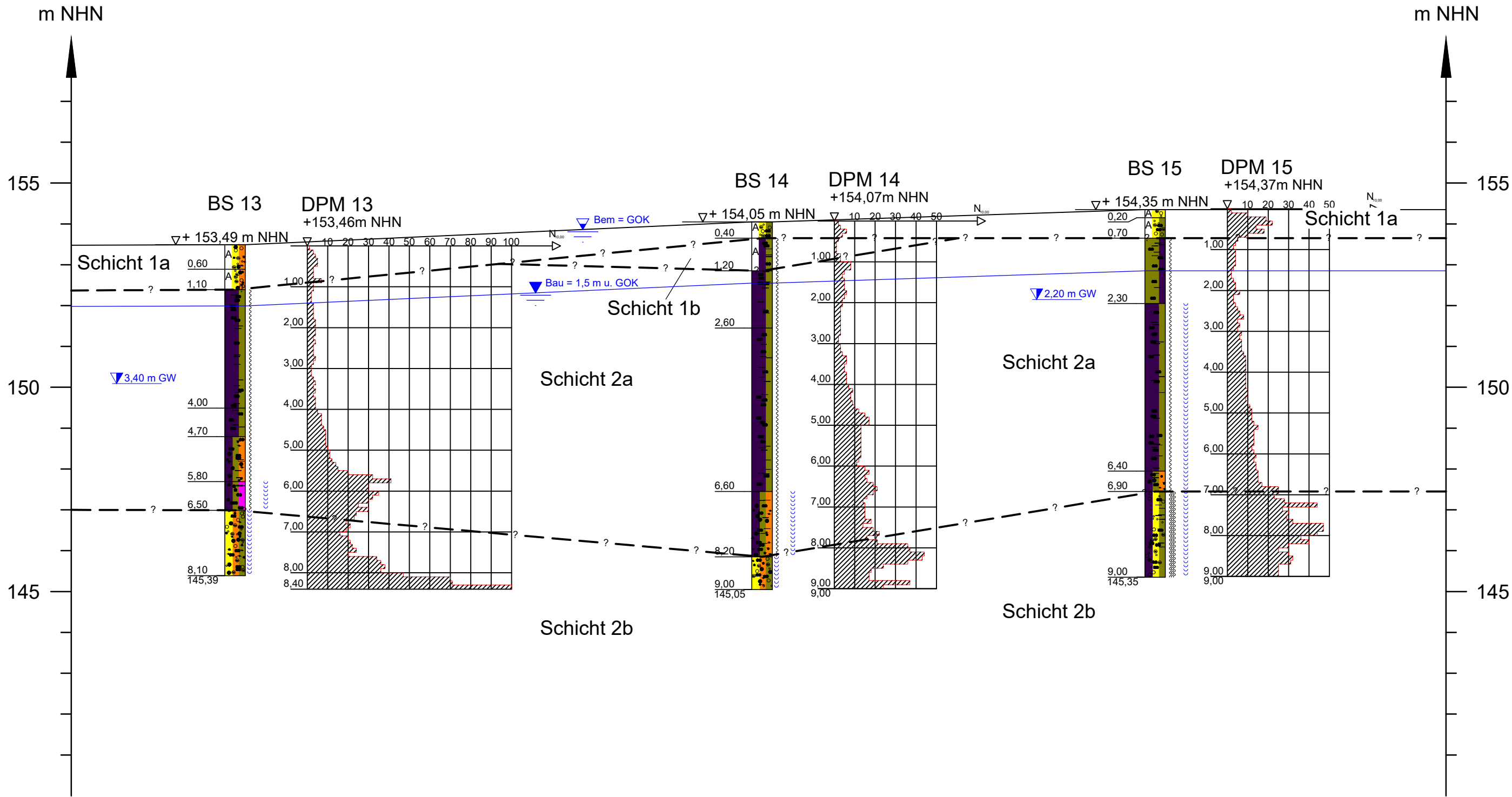
Gezeichnet:	Dri	Entworfen:	Yuan
Geprüft:	Cor	Datum:	19.01.2026
Plan-Nr.:	46.11022/ 2.3	Proj.-Nr.:	46.11022
Maßstab:	1:500	Anlage:	2.3

Legende:

- Schichtgrenze
- Bem

Bemessungswasserstand = GOK
- Bau

Bauwasserstand = 1,5 m u. GOK



Schicht-Nr.	Bodenart ⁶⁾	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1a	Auffüllung (rollig)	GW, GI	3 – 5	F1 – F2	V1
1b	Auffüllung (bindig)	TL, TM, TA	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmassen	TL, TM, OT	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2b	Auekies	GW, GI, GU, GU*	3 – 5	F1 – F2	V1
3	Löss	UL, ST*, SU*	4 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V 2 - V3 ⁵⁾
4	Unterer Muschelkalk	Fels	6 – 7	-	-

- 1) gemäß DIN 18 300:2012-09
- 2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).
- 3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar, V3 = schwer verdichtbar
- 4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen
- 5) der Löss liegt teilweise wassergesättigt vor. Nasser Löss ist nicht verdichtbar.
- 6) Bezeichnung nach DIN 4023

Nummer	Änderung bzw. Ergänzung	Name	Datum
DR. SPANG DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH Eberhard-Bauer-Straße 32, 73734 Esslingen/Neckar Telefon: 0711 / 351 30 49 - 0 • Fax: 0711 / 351 30 49 - 19 Email: esslingen@dr-spang.de • Web: http://www.dr-spang.de			
DB InfraGO AG			
DB LSW Wilferdingen Str 4200			
Geotechnischer Längsschnitt			
Geotechnisches Gutachten			
Gezeichnet: Dri		Entworfen: Yuan	
Geprüft: Cor		Datum: 10.02.2026	
Plan-Nr.: 46.11022/ 3.1		Proj.-Nr.: 46.11022	
Maßstab: L 1:500, H 1:100		Anlage: 3.1	

Legende:

- ?

Schichtgrenze
- ▼

Bem

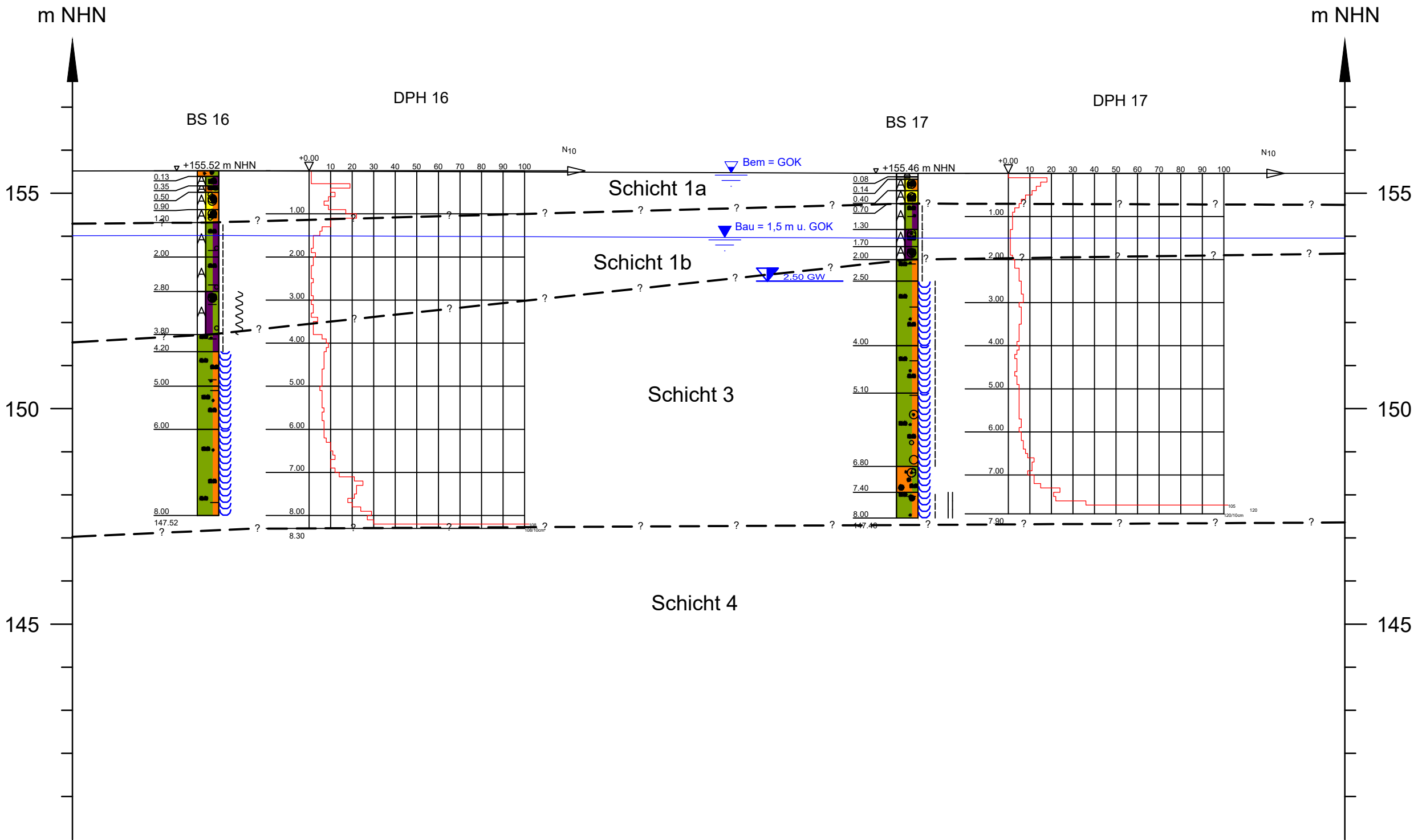
Bemessungswasserstand = GOK
- ▼

Bau

Bauwasserstand = 1,5 m u. GOK

Schicht-Nr.	Bodenart ⁶⁾	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1a	Auffüllung (rollig)	GW, GI	3 – 5	F1 – F2	V1
1b	Auffüllung (bindig)	TL, TM, TA	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmassen	TL, TM, OT	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2b	Auekies	GW, GI, GU, GU*	3 – 5	F1 – F2	V1
3	Löss	UL, ST*, SU*	4 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V 2 - V3 ⁵⁾
4	Unterer Muschelkalk	Fels	6 – 7	-	-

- 1) gemäß DIN 18 300:2012-09
- 2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).
- 3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar, V3 = schwer verdichtbar
- 4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen
- 5) der Löss liegt teilweise wassergesättigt vor. Nasser Löss ist nicht verdichtbar.
- 6) Bezeichnung nach DIN 4023



Nummer	Änderung bzw. Ergänzung	Name	Datum

DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für
Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH
Eberhard-Bauer-Straße 32, 73734 Esslingen/Neckar
Telefon: 0711 / 351 30 49 - 0 Fax: 0711 / 351 30 49 - 19
Email: esslingen@dr-spang.de Web: <http://www.dr-spang.de>

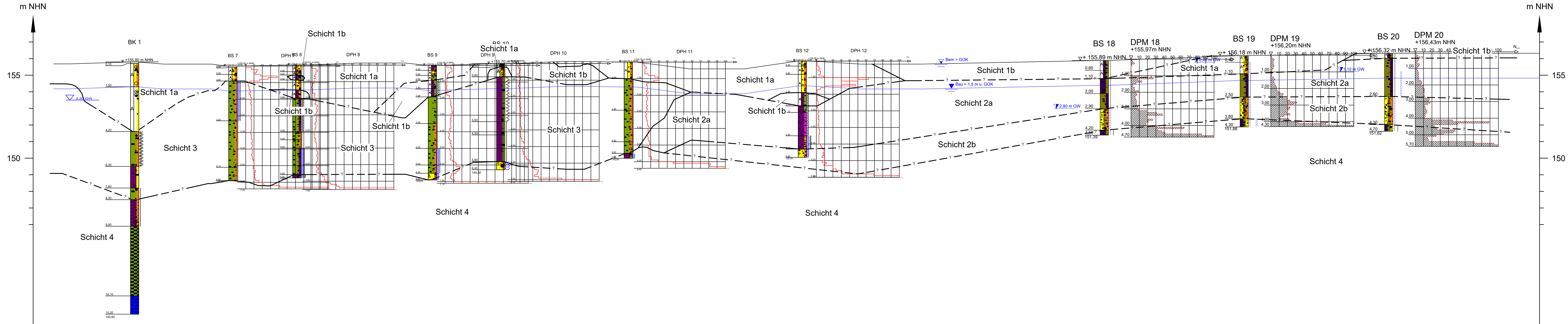
DB InfraGO AG

DB LSW Wilferdingen Str 4200

Geotechnischer Längsschnitt

Geotechnisches Gutachten

Gezeichnet:	Dri	Entworfen:	Yuan
Geprüft:	Cor	Datum:	10.02.2026
Plan-Nr.:	46.11022/ 3.2	Proj.-Nr.:	46.11022
Maßstab:	L 1:500, H 1:100	Anlage:	3.2



Schicht-Nr.	Bodenart ⁶⁾	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1a	Auffüllung (rollig)	GW, GI	3 – 5	F1 – F2	V1
1b	Auffüllung (bindig)	TL, TM, TA	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2a	Auelehm/ Holozäne Abschwemmassen	TL, TM, OT	4 – 5 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V3
2b	Auekies	GW, GI, GU, GU*	3 – 5	F1 – F2	V1
3	Löss	UL, ST*, SU*	4 (2) ⁴⁾	F2 – F3	V 2 - V3 ⁵⁾
4	Unterer Muschelkalk	Fels	6 – 7	-	-

- 1) gemäß DIN 18 300:2012-09
2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).
3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar, V3 = schwer verdichtbar
4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen
5) der Löss liegt teilweise wassergesättigt vor. Nasser Löss ist nicht verdichtbar.
6) Bezeichnung nach DIN 4023

Legende:

- ? --- Schichtgrenze
▽ Bem Bemessungswasserstand
▽ Bau Bauwasserstand

Nummer	Änderung bzw. Ergänzung	Name	Datum

**DR. SPANG** Ingenieurgesellschaft für
Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH
Eberhard-Bauer-Straße 32, 73734 Esslingen/Neckar
Telefon: 0711 / 351 30 49 - 0 • Fax: 0711 / 351 30 49 - 19
Email: esslingen@dr-spang.de • Web: http://www.dr-spang.de

DB InfraGO AG

DB LSW Wilferdingen Str 4200

Geotechnischer Längsschnitt

Geotechnisches Gutachten

Gezeichnet:	Dri	Entworfen:	Yuan
Geprüft:	Cor	Datum:	12.02.2026
Plan-Nr.:	46.11022/ 3.3	Proj.-Nr.:	46.11022
Maßstab:	L 1:500, H 1:100	Anlage:	3.3

Probeentnahme:

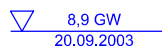
- ☐ gestörte Probe
(G= Glas, B= Becher, E= Eimer)
- ☒ Ungestörte Probe/ Sonderprobe
(UP / SP)
- ☒ Kernprobe
(K)

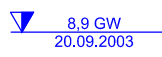
Grundwasser:

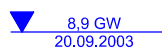
Grundwasserstand:

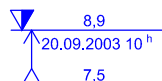
 a) Bemessungswasserstand

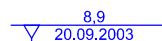
 b) Bauwasserstand

 Grundwasser
angebohrt

 Grundwasserstand
nach Bohrende

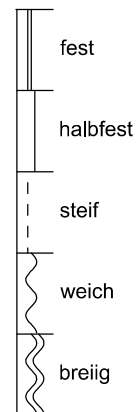
 Ruhewasserstand

 Grundwasser-
anstieg

 Wasser versickert

 naß

Konsistenz:



Trennflächen:

- K: Klüftung
SS: Schichtung
SF: Schieferung

Nebenanteile:

- z.B. s', t': schwach
z.B. s̄, t̄: stark

Kalkgehalt:

- k° kalkfrei
k⁺ kalkhaltig
k⁺⁺ stark kalkhaltig

Verwitterungsgrad Fels nach DIN EN ISO 14689:

W 0: frisch (unverwittert)	
W 1: schwach verwittert	schwach verwittert
W 2: mäßig verwittert	mäßig bis stark verwittert
W 3: stark verwittert	
W 4: vollständig verwittert	als Boden anzusprechen
W 5: zersetzt	

vereinfachte Ansprache Verwitterung Fels bei Bohrsondierungen:

Festigkeit Fels nach DIN EN ISO 14689:

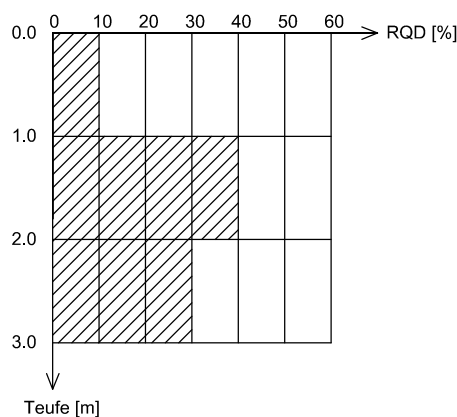
- R 0: außerordentlich gering (0,6 - 1,0 MPa)
R 1: sehr gering (1 - 5 MPa)
R 2a: gering (5 - 12,5 MPa)
R 2b: mäßig schwach (12,5 - 25 MPa)
R 3: mäßig hoch (25 - 50 MPa)
R 4: hoch (50 - 100 MPa)
R 5: sehr hoch (100 - 250 MPa)
R 6: außerordentlich hoch (>250 MPa)

Kornbindung Fels nach DIN EN ISO 14689:

- sKb: schlechte Kornbindung
mKb: mäßige Kornbindung
gKb: gute Kornbindung
sgKb: sehr gute Kornbindung

RQD Fels:

$\frac{\text{Summe Länge Kernstücke} > 10 \text{ cm}}{\text{Länge Kernmarsch}} \times 100\%$



Zeichenerläuterung Baugrunderkundung

Anlage:	4.1
Projekt Nr.:	46.11022
Plan Nr.:	46.11022/ 4.1
Rev. Stand:	09.08.2023

Hauptbodenarten:

	Kies, G
	Grobkies, gG
	Mittelkies, mG
	Feinkies, fG
	Sand, S
	Grobsand, gS
	Mittelsand, mS
	Feinsand, fS
	Schluff, U
	Ton, T
	Torf, Humus, H
	Steine, X
	Blöcke, Y
	vulkanische Aschen, V
	Braunkohle, Bk
	Mutterboden, Mu
	Wiesenalk, Wk
	Mudde (Faulschlamm), F
	Klei, Schlick

Felsarten:

	Konglomerat, Ko
	Brekzie, Br
	Sandstein, Sst
	Schluffstein, Ust
	Tonstein, Tst
	Mergelstein, Mst
	Kalkstein, Kst
	Dolomitstein, Dst
	Anhydrit, Ahst
	Gips, Gyst
	Salzgestein, Sast
	verfestigte vulkan. Aschen, Vst
	Steinkohle, Stk
	Quarzit, Q
	Vulkanite (z.B. Basalt), Vu
	Plutonite (z.B. Granit), Pl
	Ganggesteine (z.B. Quarzgang), GGst
	massige Metamorphite (z.B. Diabas, Gneis), Mem
	blättrige Metamorphite (z.B. Schiefer), Meb

Nebenbodenarten:

	kiesig, g
	sandig, s
	schluffig, u
	tonig, t
	torfig, humos, h
	organisch, o
	steinig, x
	mit Blöcken, y
	mit Braunkohleeinschlüssen, bk
	mit Steinkohleeinschlüssen, stk

Sonstige Signaturen:

	A	Auffüllung, A
	A?	Auffüllung?, A?
		Beton (unbewehrt)
		Beton (bewehrt)
		Mauerwerk
		Ziegelmauerwerk
		Hinterpackung Tunnelschale
		Lockermasse

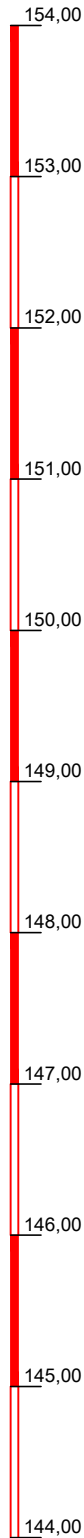
Signatur und Kurzzeichen in Anlehnung an DIN 4023



Zeichenerläuterung
Baugrunderkundung

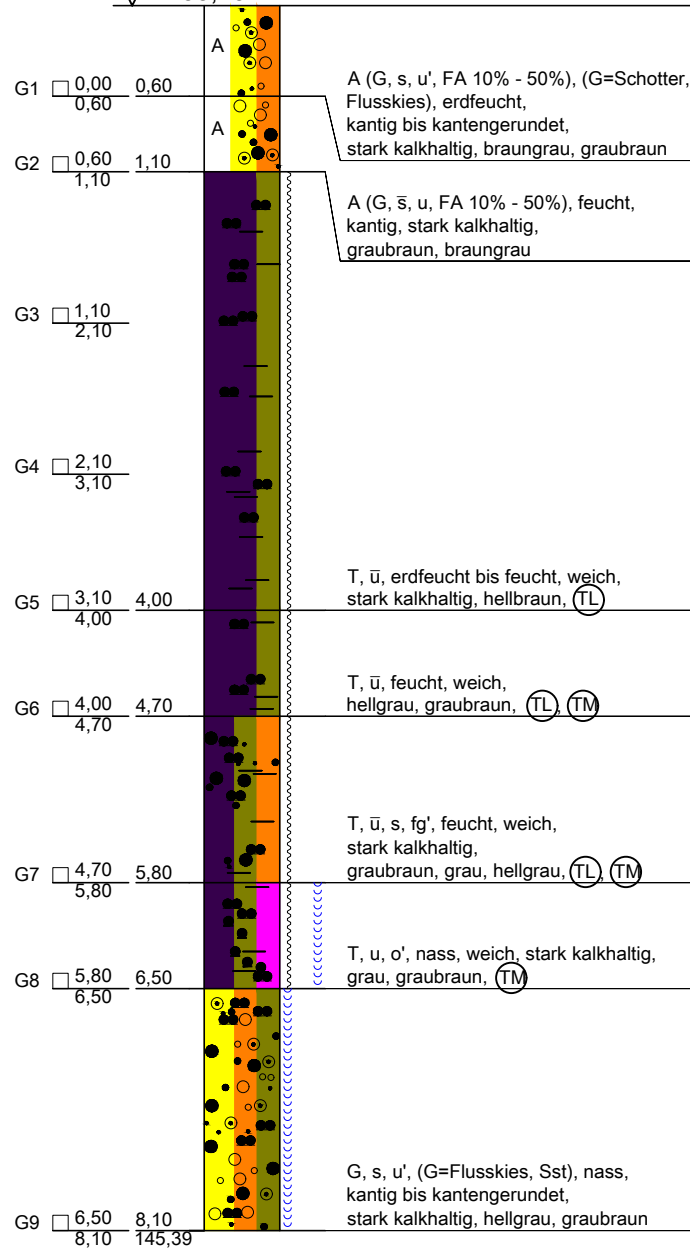
Anlage:	4.1
Projekt Nr.:	46.11022
Plan Nr.:	46.11022/ 4.1
Rev. Stand:	09.08.2023

+ m NHN



BS 13

▽+ 153,49 m NHN



Sonde steht auf
Vorgeschnitten bis 1,20 m
Bohrloch zugefallen bei 6,30 m



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

KLEINRAMMBOHRUNG

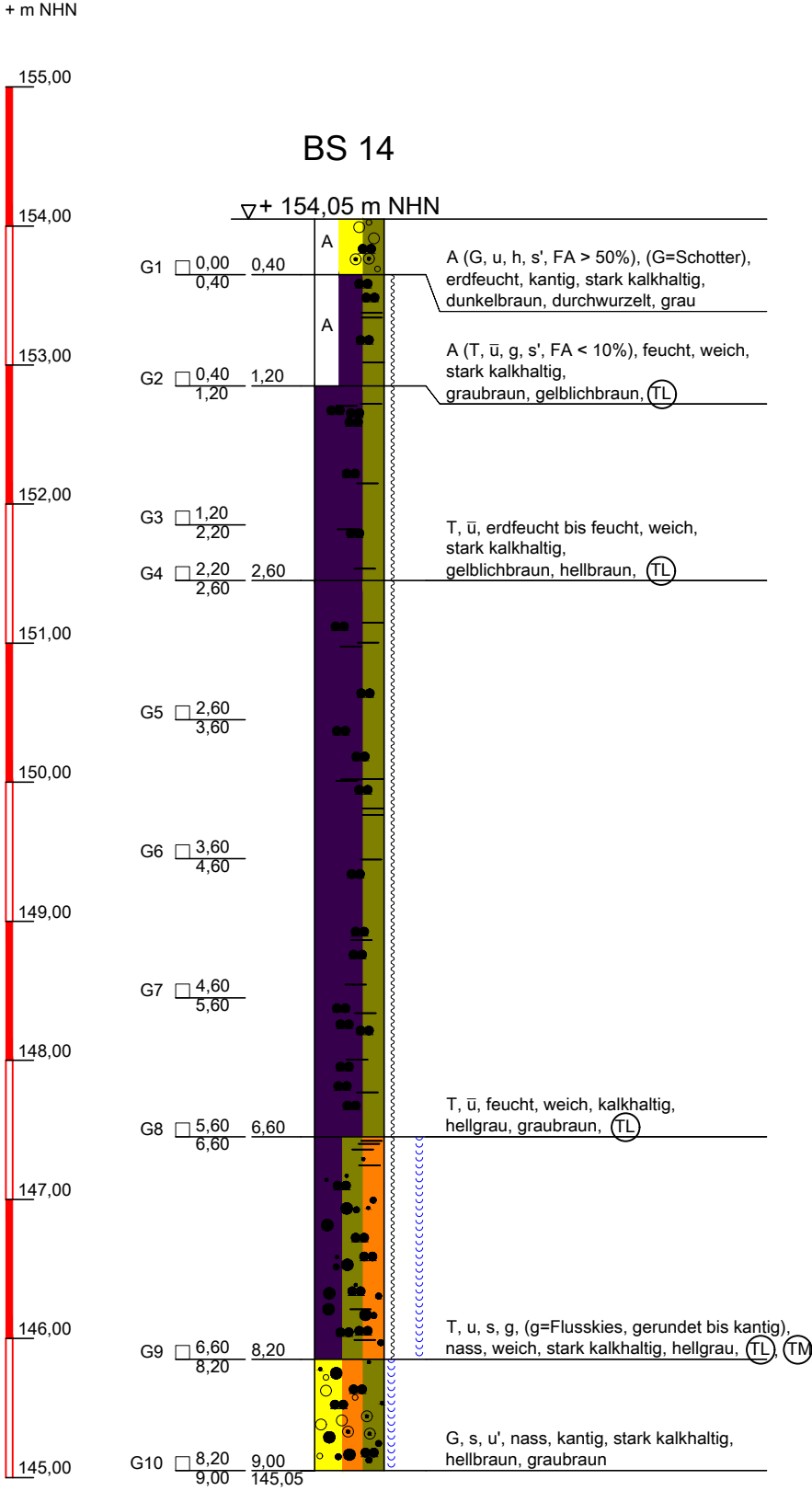
Anlage: 4.2 - BS 13

Projekt-Nr: 46.11022

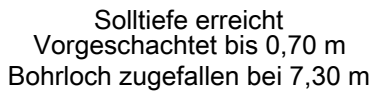
Datum: 08.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok



Solltiefe erreicht
Vorgeschachtet bis 1,20 m
Bohrloch zugefallen bei 1,20 m
Kein Wasser angetroffen



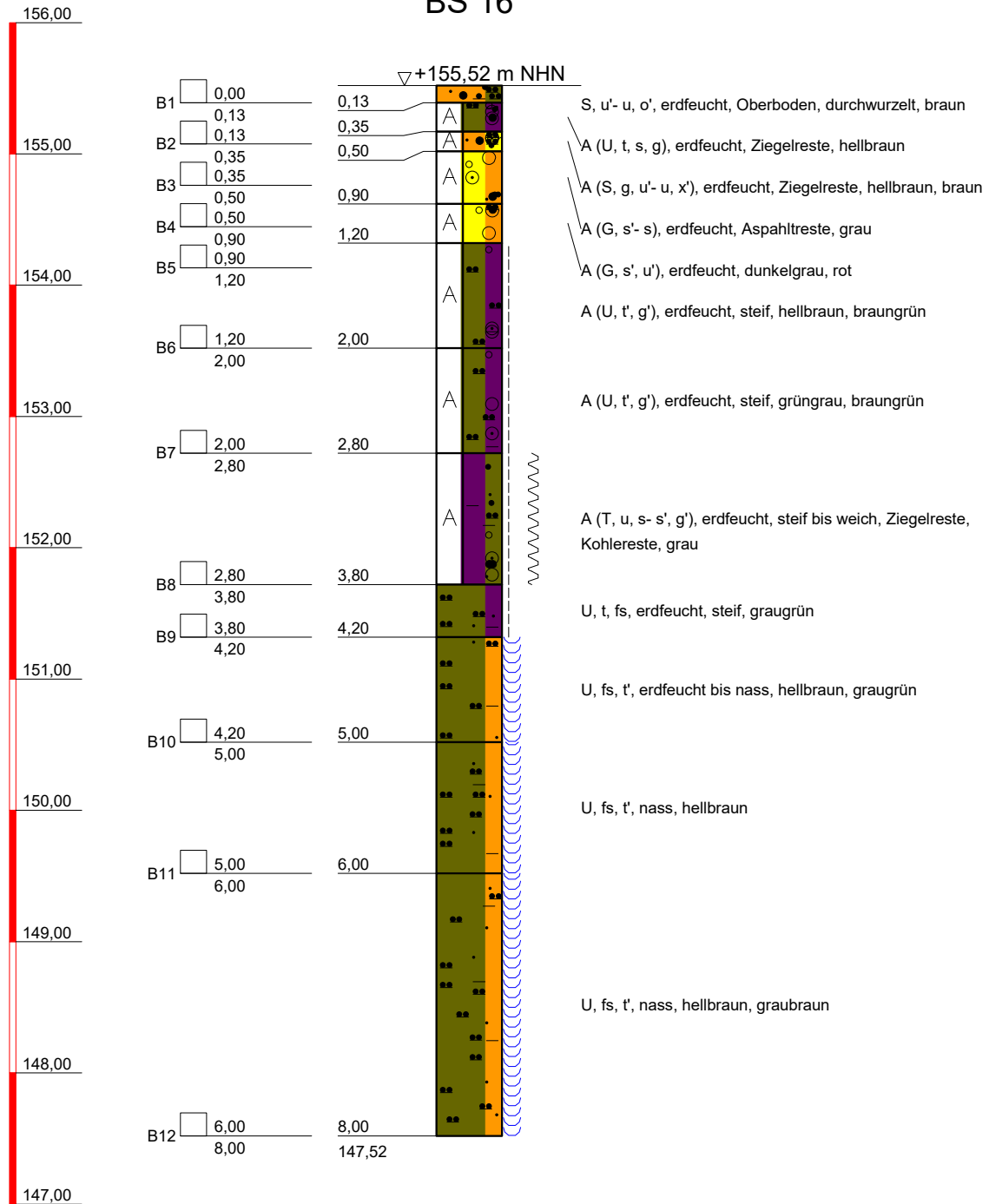
Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

Anlage:	4.2 - BS 15
Projekt-Nr:	46.11022
Datum:	11.12.2025
Maßstab:	1:50
Bearbeiter:	Kok

+ m NHN

BS 16



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
Lärmschutzwand Wilferdingen

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

KLEINRAMMBOHRUNG

Anlage: 4.2

Projekt-Nr: 46.11022

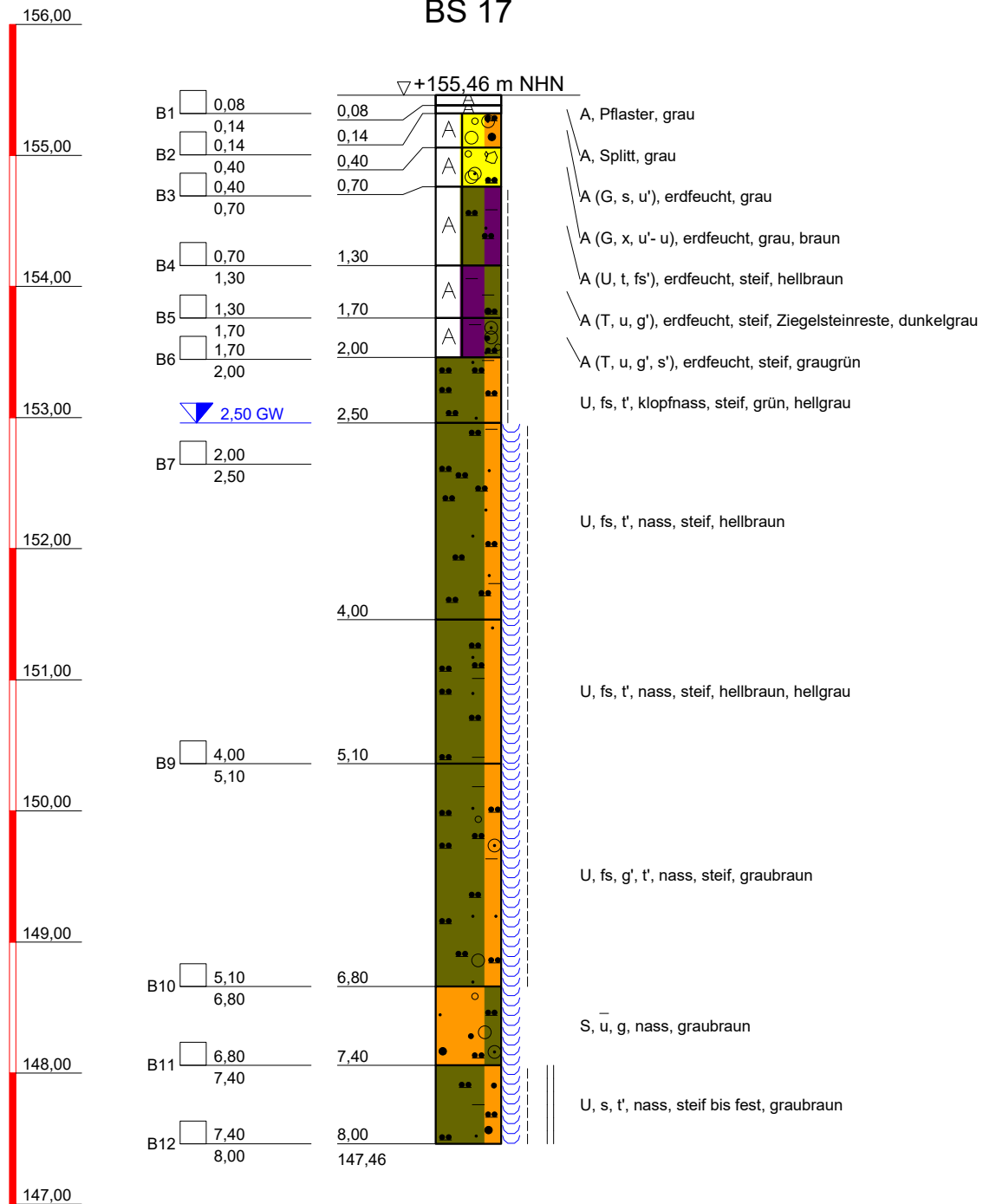
Datum: 18.12.2025

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Cor

+ m NHN

BS 17



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
Lärmschutzwand Wilferdingen

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

KLEINRAMMBOHRUNG

Anlage: 4.2

Projekt-Nr: 46.11022

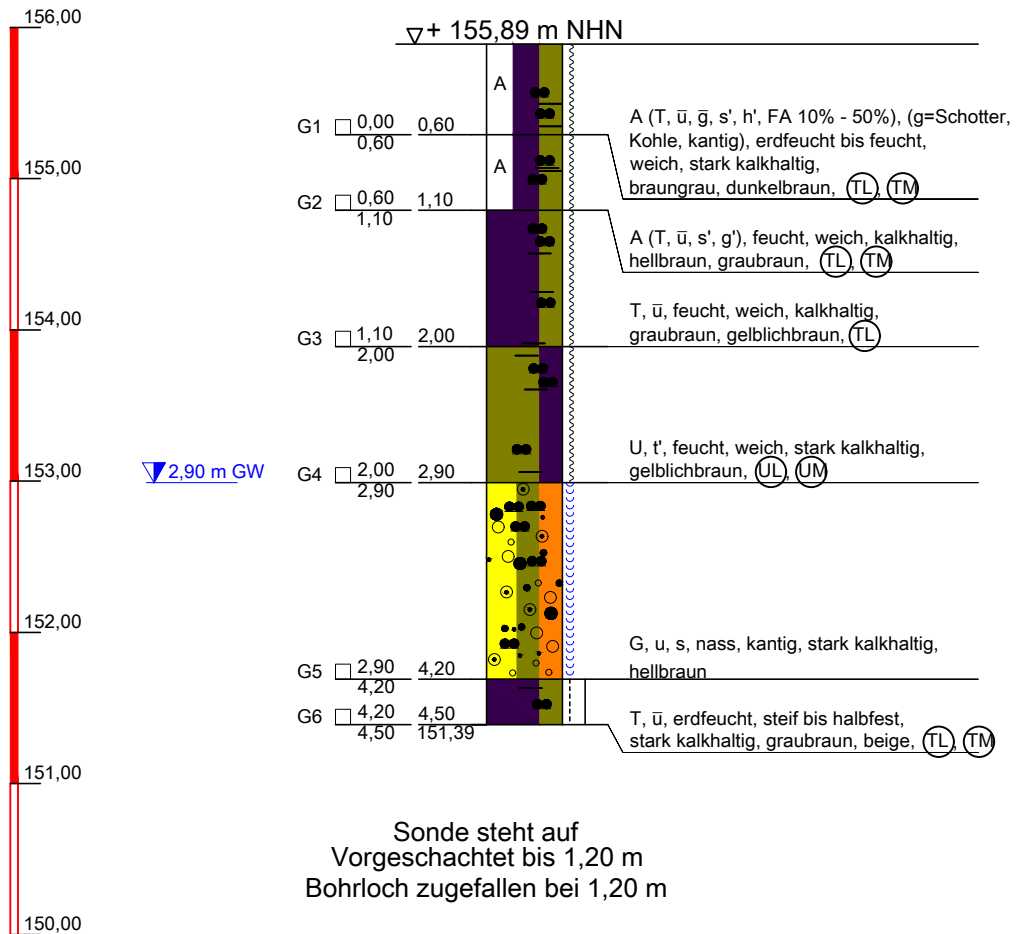
Datum: 18.12.2025

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Cor

+ m NHN

BS 18



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

KLEINRAMMBOHRUNG

Anlage: 4.2 - BS 18

Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

+ m NHN

157,00

156,00

155,00

154,00

153,00

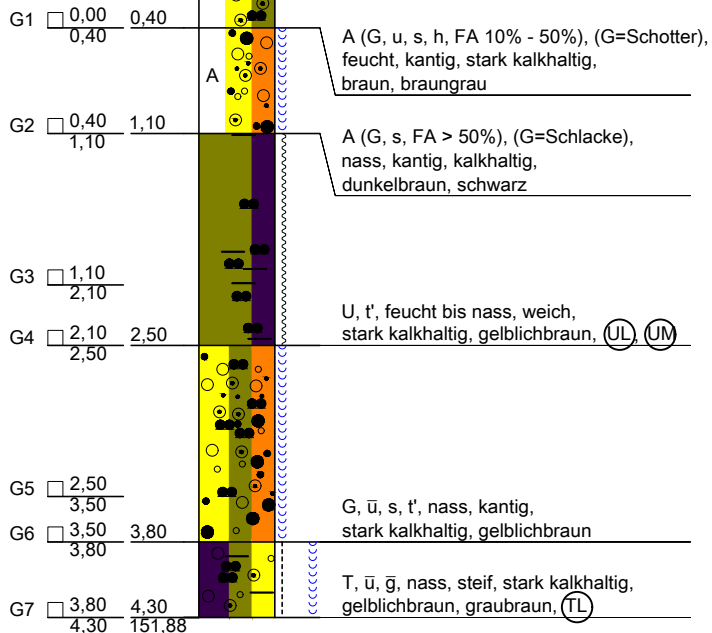
152,00

151,00

BS 19

▽+ 156,18 m NHN

▽ 0,40 m GW



Sonde steht auf
Vorgeschachtet bis 0,70 m
Bohrloch zugefallen bei 0,60 m



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

KLEINRAMMBOHRUNG

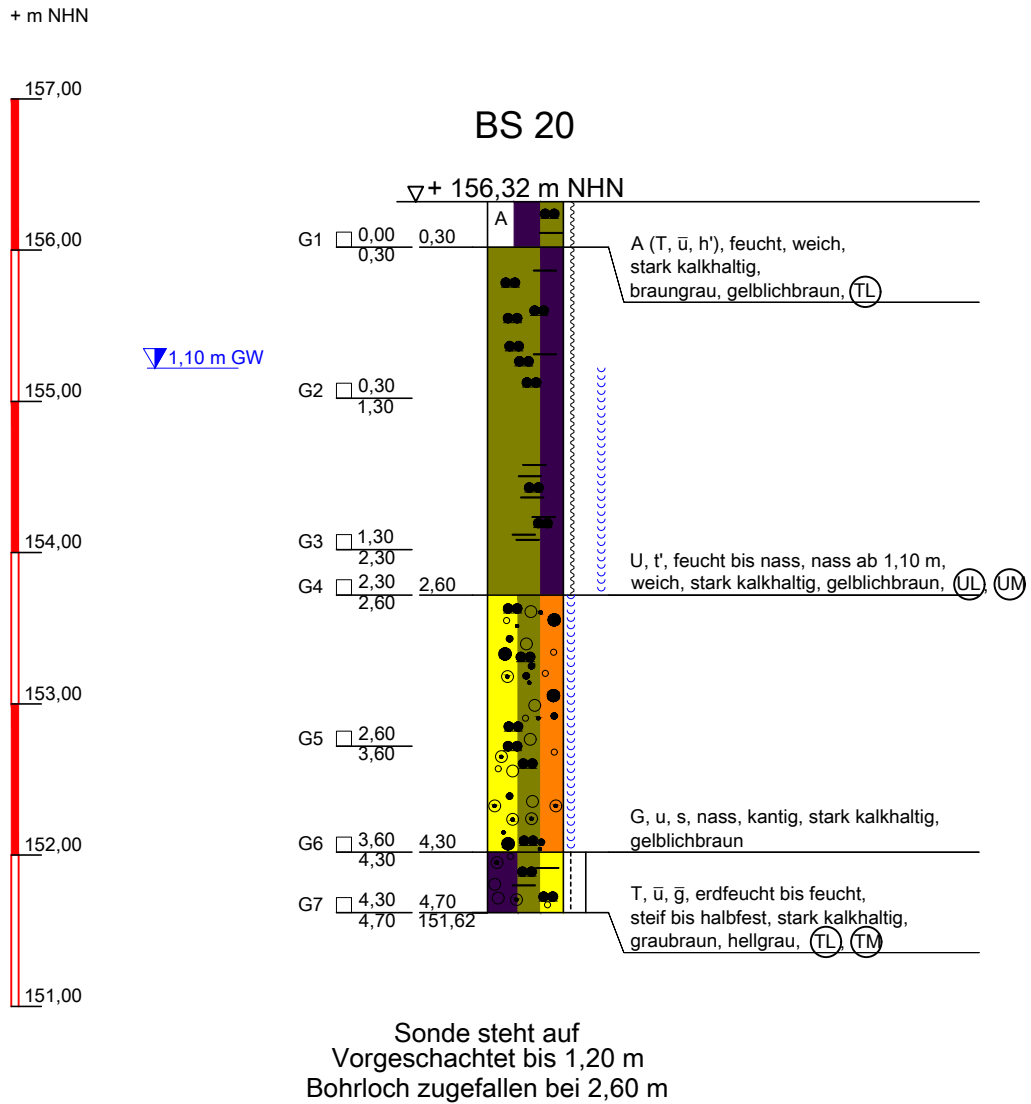
Anlage: 4.2 - BS 19

Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

KLEINRAMMBOHRUNG

Anlage: 4.2 - BS 20

Projekt-Nr: 46.11022

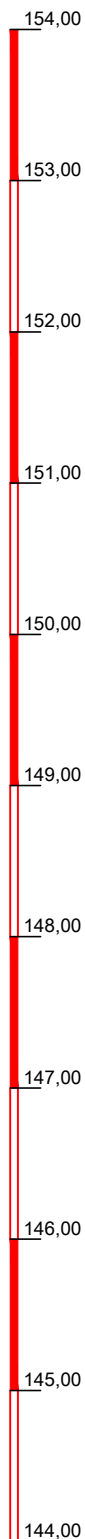
Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

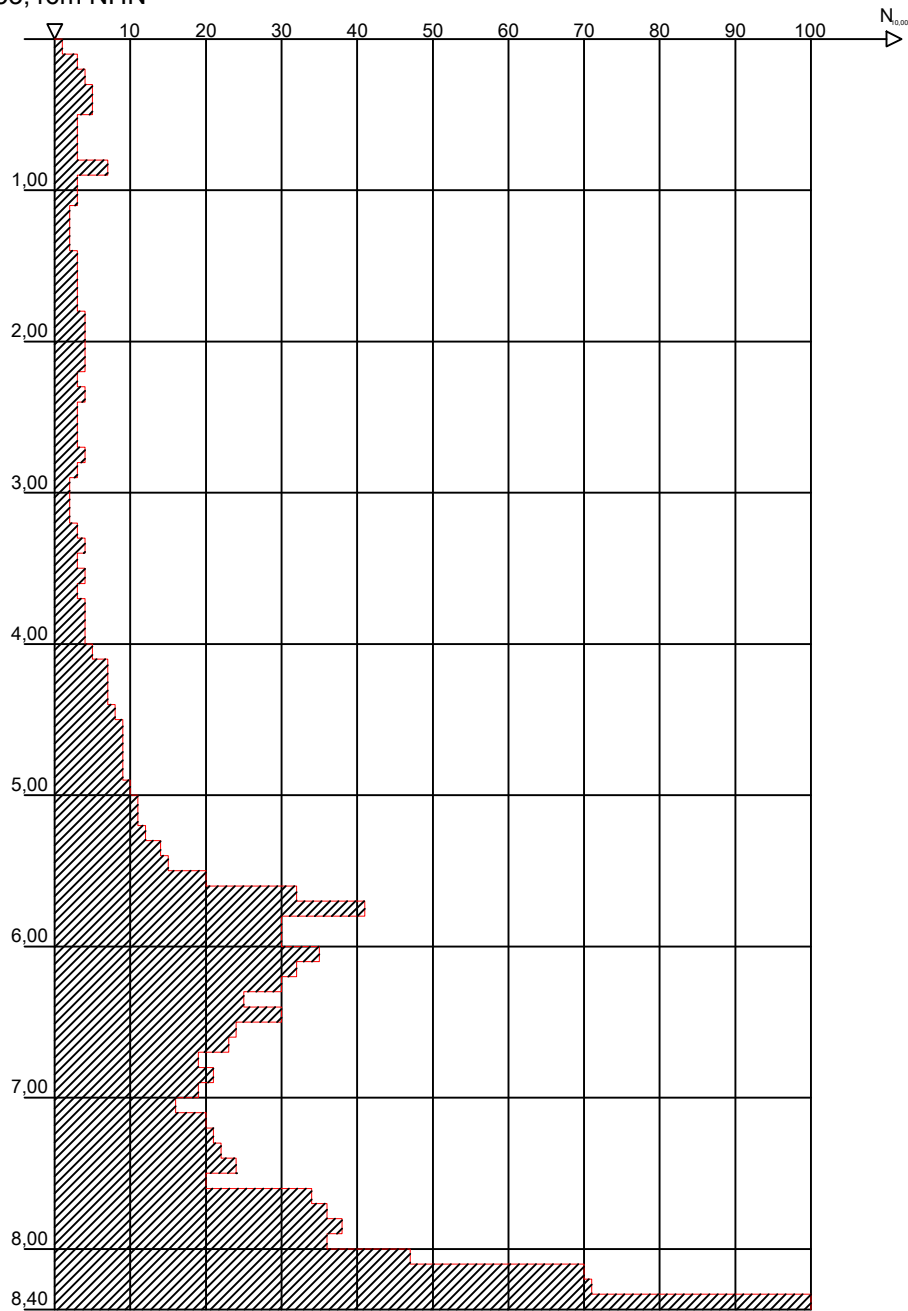
E:\Daten\11000-11099\11022\5_Bohrprofile\11022_02-13 07-23-47\DP_L_M_H\Einzelblatt_DWG\11022_DPM_13.dwg
Ansichtsfenster : Anl. 4.3 - DPM 13

+ m NHN



+153,46m NHN

DPM 13



Sonde steht auf
Wasser angetroffen bei 3,40 m



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 - DPM 13

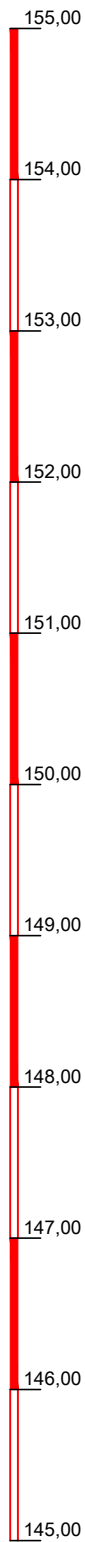
Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 08.12.2025

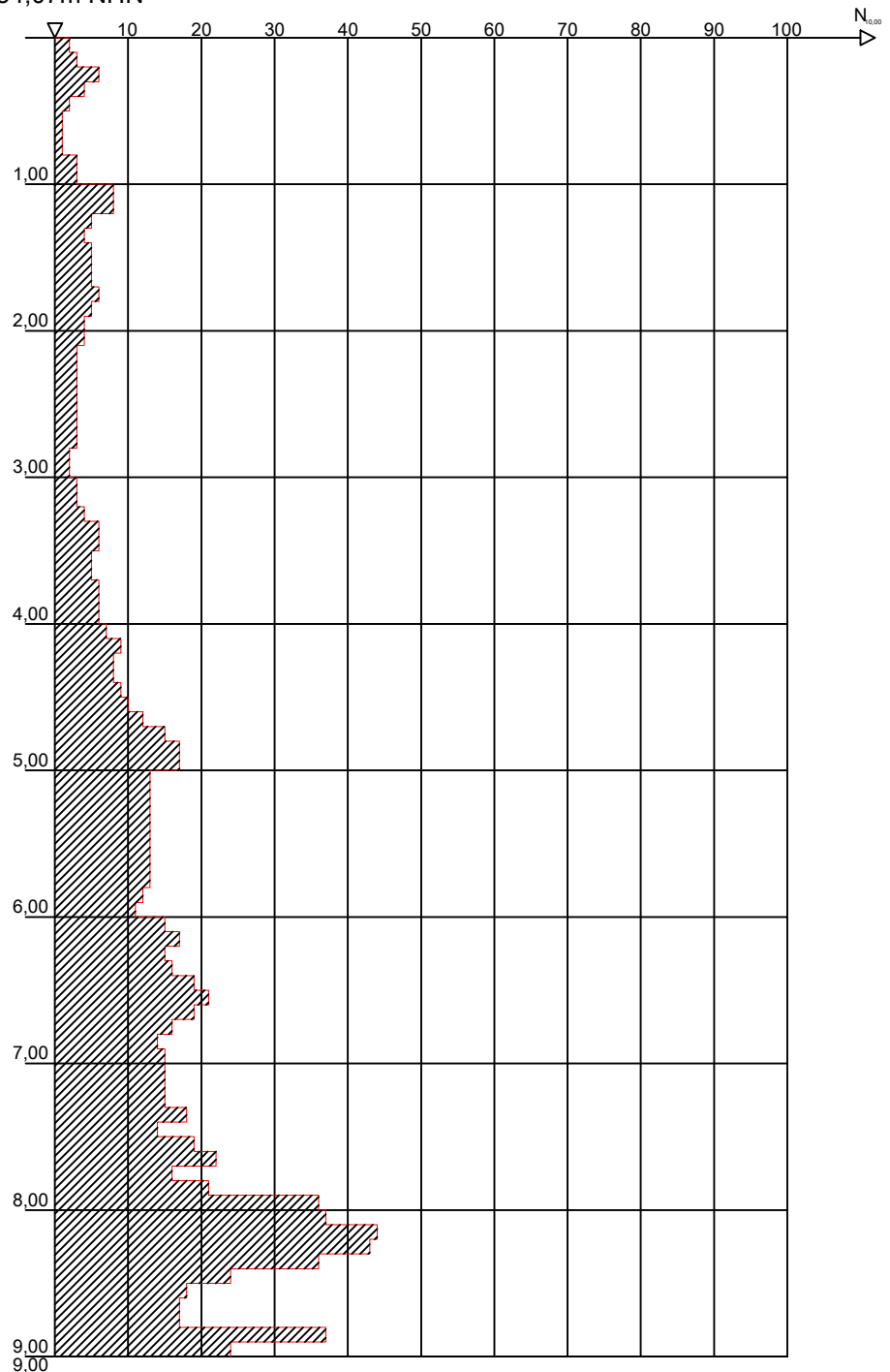
Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

+ m NHN



DPM14
+154,07m NHN



Solltiefe erreicht
Wasser angetroffen bei 0,00 m



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 - DPM14

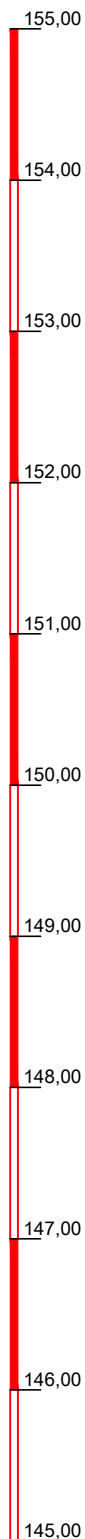
Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 09.12.2025

Maßstab: 1:50

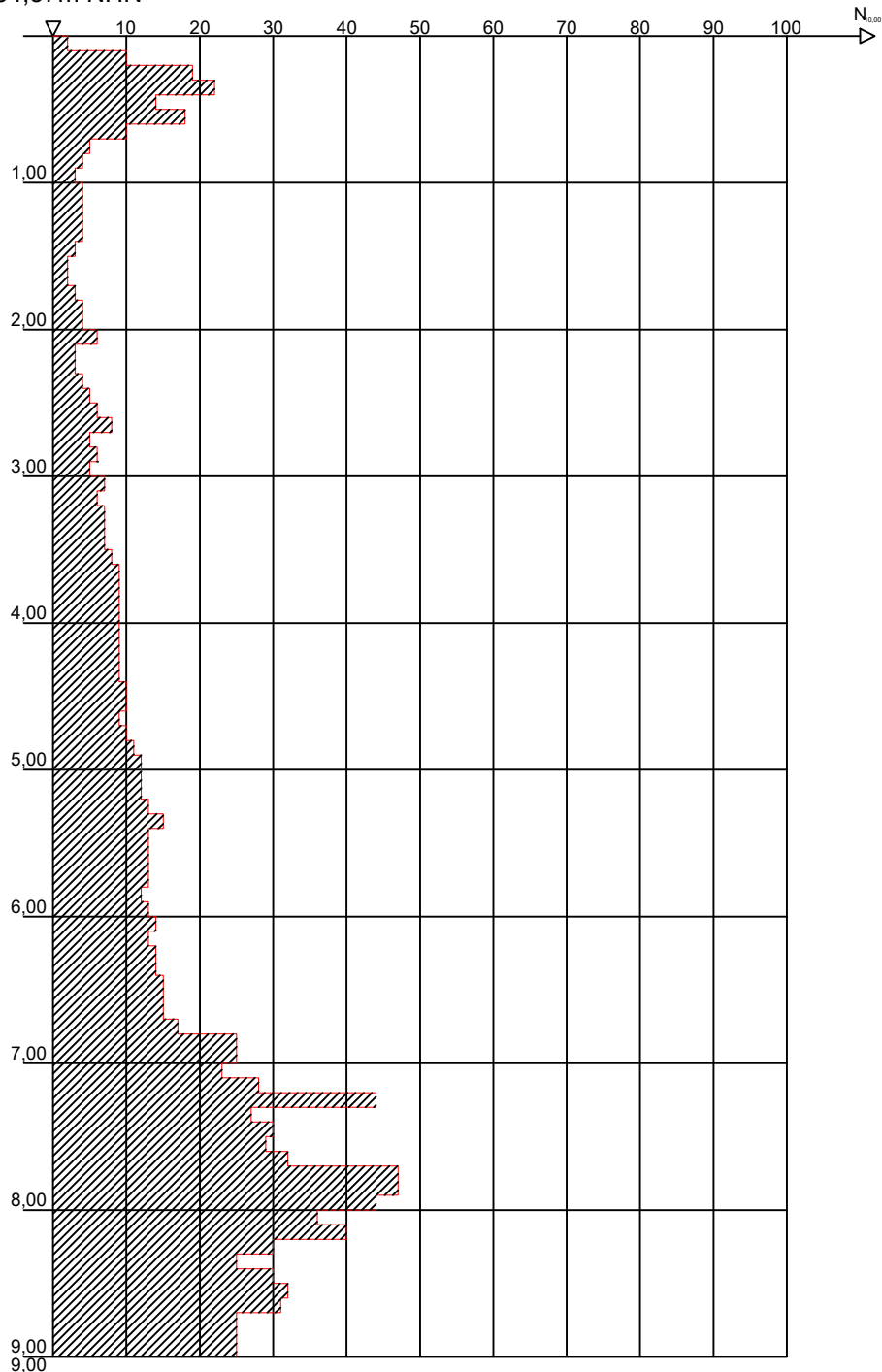
Bearbeiter: Kok

+ m NHN



+154,37m NHN

DPM 15



Solltiefe erreicht
Wasser angetroffen bei 2,20 m



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 - DPM 15

Projekt-Nr: 46.11022

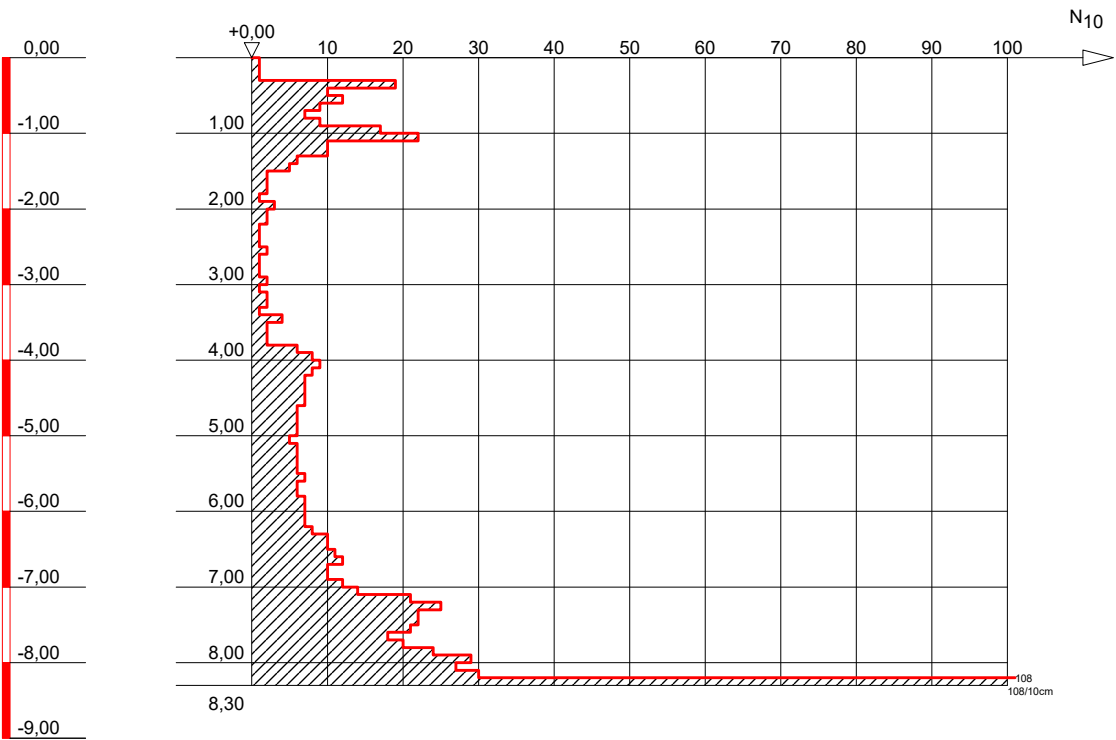
Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

DPH 16

GOK



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
LSW Wilferdingen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

SCHWERE RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 DPH 16

Projekt-Nr: 46.11022

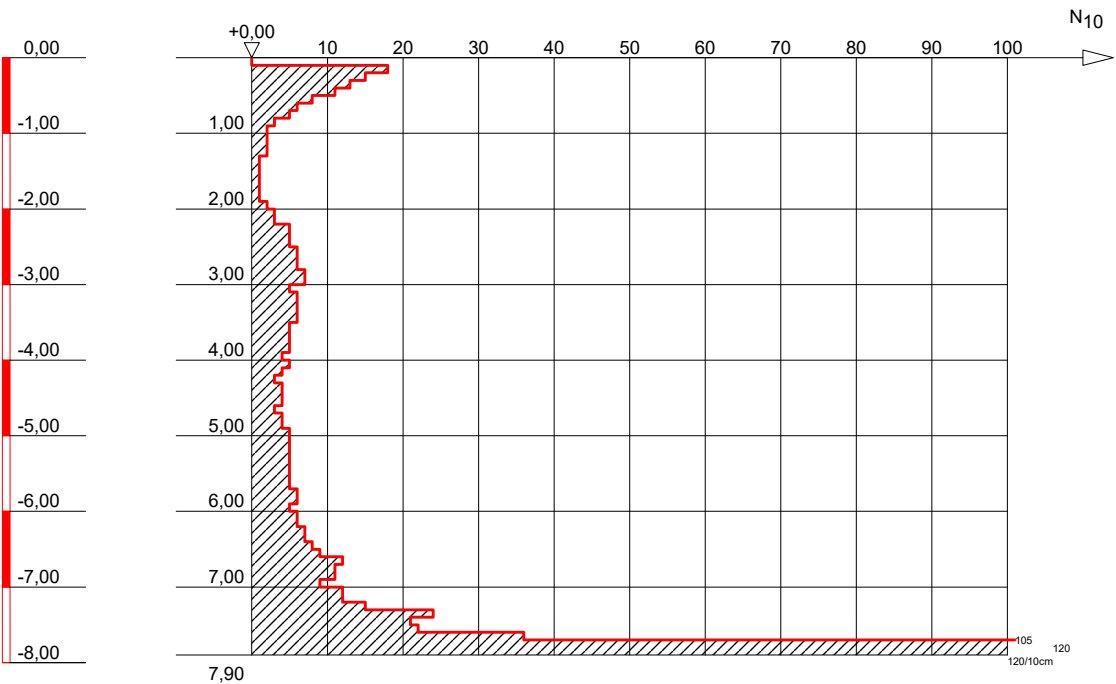
Datum: 18.12.2025

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: DiC

DPH 17

GOK



Sonde steht auf



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
LSW Wilferdingen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

SCHWERE RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 DPH 17

Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 18.12.2025

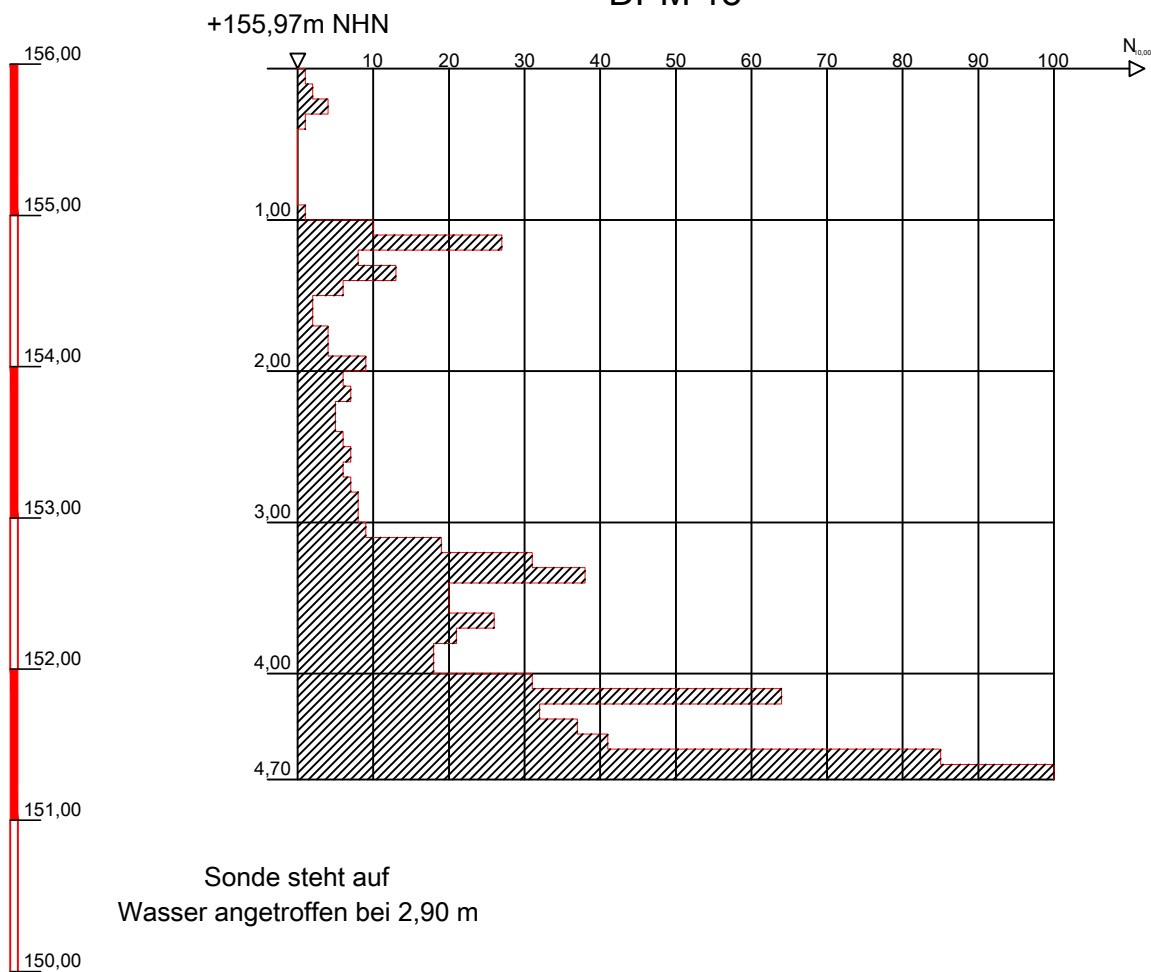
Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: DiC

E:\Daten\11000-11099\11022\5_Bohrprofile\11022 2026-02-13 07-23-47\DP_L_M_H\Einzelblatt_DWG\11022_DPM_18.dwg
Ansichtsfenster : Anl. 4.3 - DPM 18

+ m NHN

DPM 18



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 - DPM 18

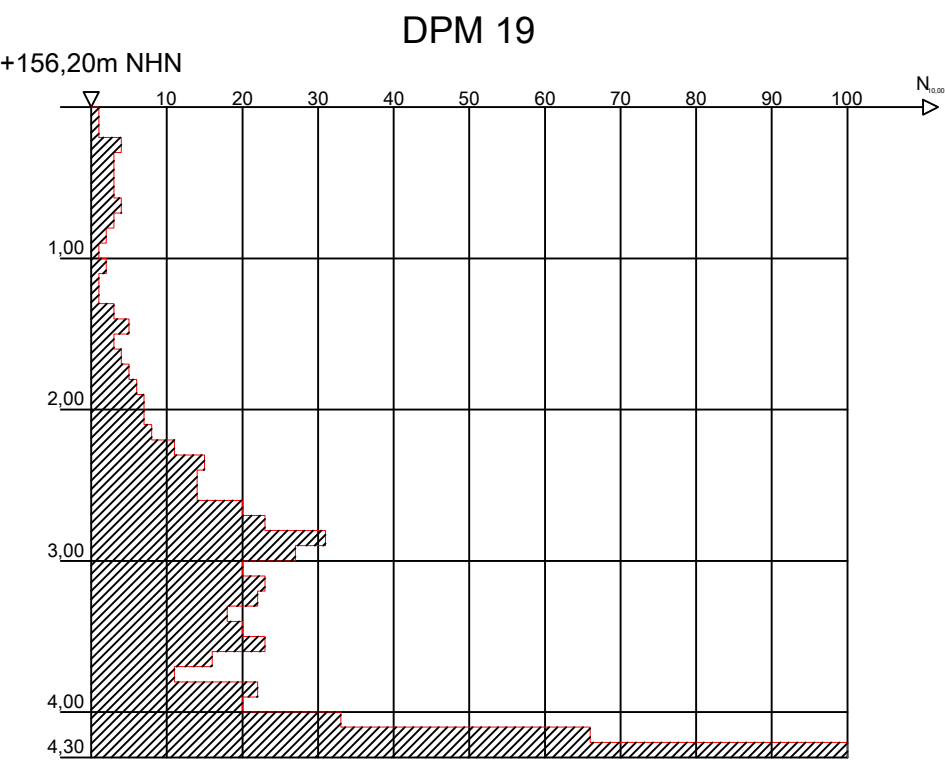
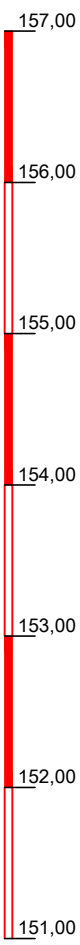
Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

+ m NHN



Sonde steht auf
Wasser angetroffen bei 0,40 m



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 - DPM 19

Projekt-Nr: 46.11022

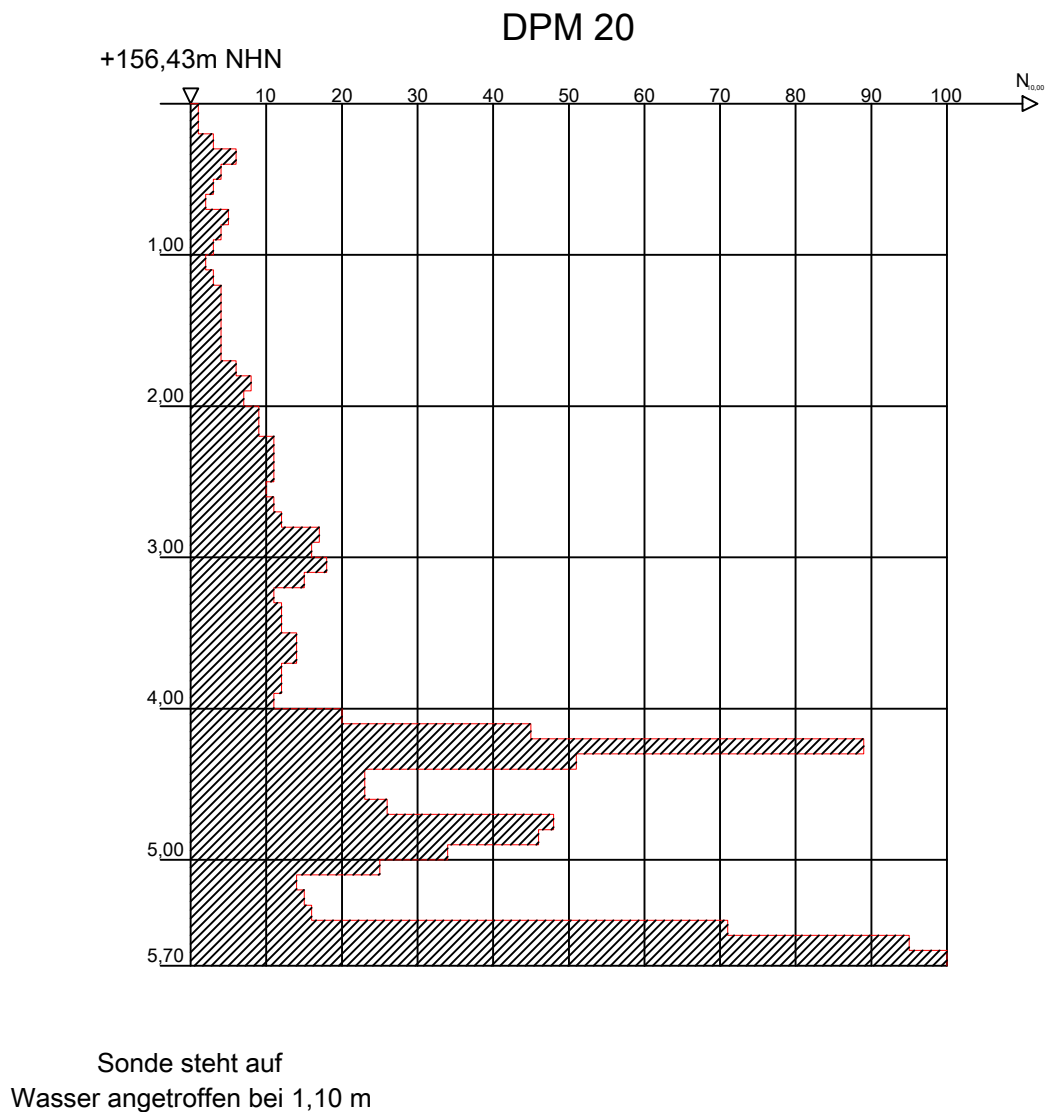
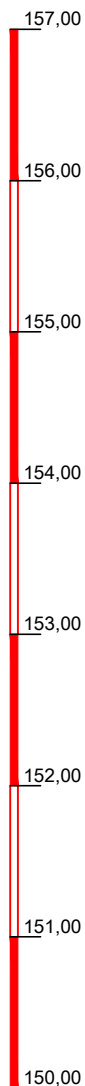
Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

E:\Daten\11000-11099\11022\5_Bohrprofile\11022 2026-02-13 07-23-47\DP_L_M_H\Einzelblatt_DWG\IP46.11022_DPM_20.dwg
Ansichtsfenster : Anl. 4.3 - DPM 20

+ m NHN



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft f. Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH

Bauvorhaben:
DB LSW Wilferdingen Singen Str 4200

Auftraggeber:
DB InfraGO AG

RAMMSONDIERUNG

Anlage: 4.3 - DPM 20

Projekt-Nr: 46.11022

Datum: 11.12.2025

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Kok

Wassergehalt DIN EN ISO 17892-1

DB Wilferdingen Singen LSW

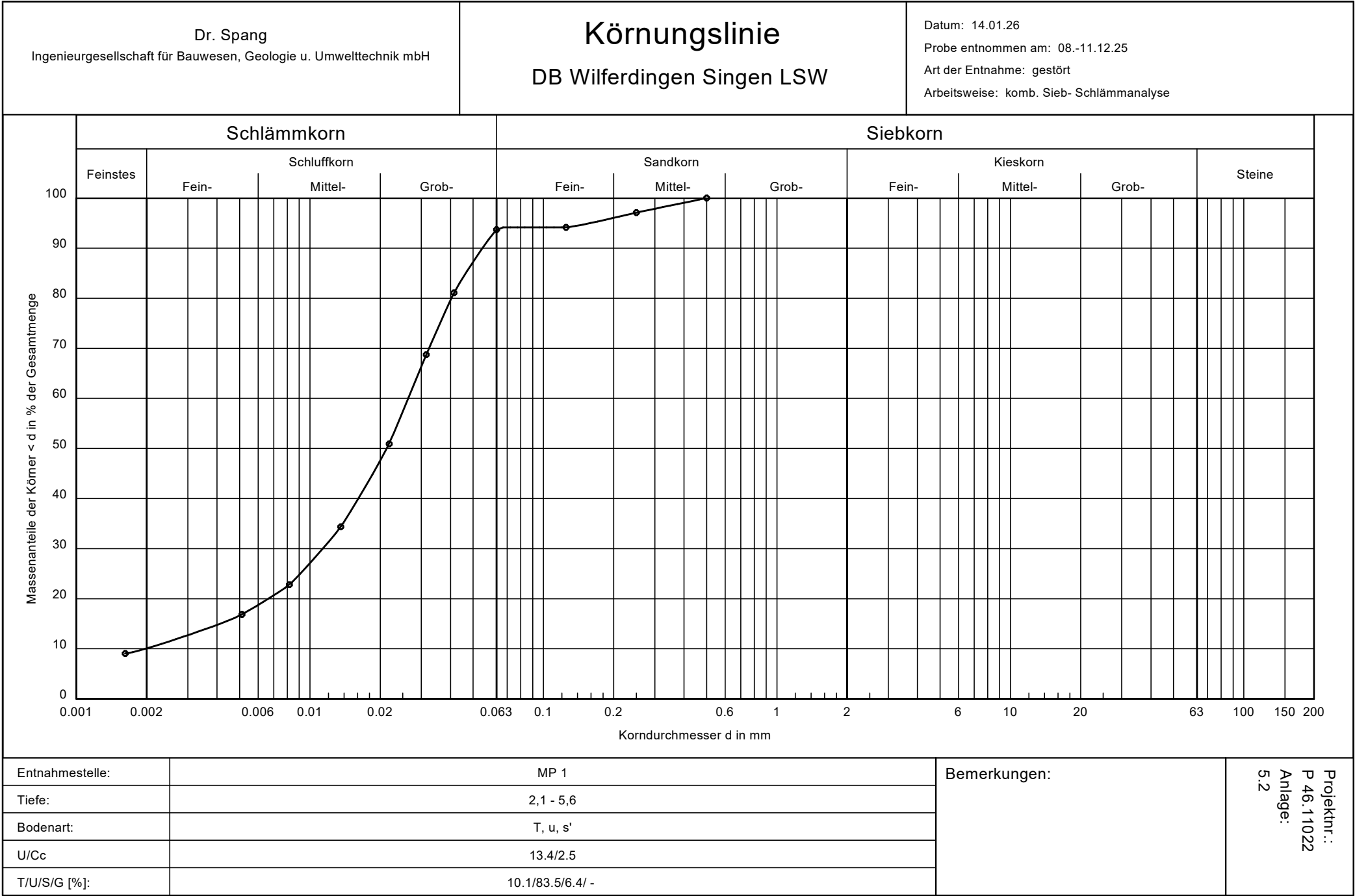
Bearbeiter: Kou

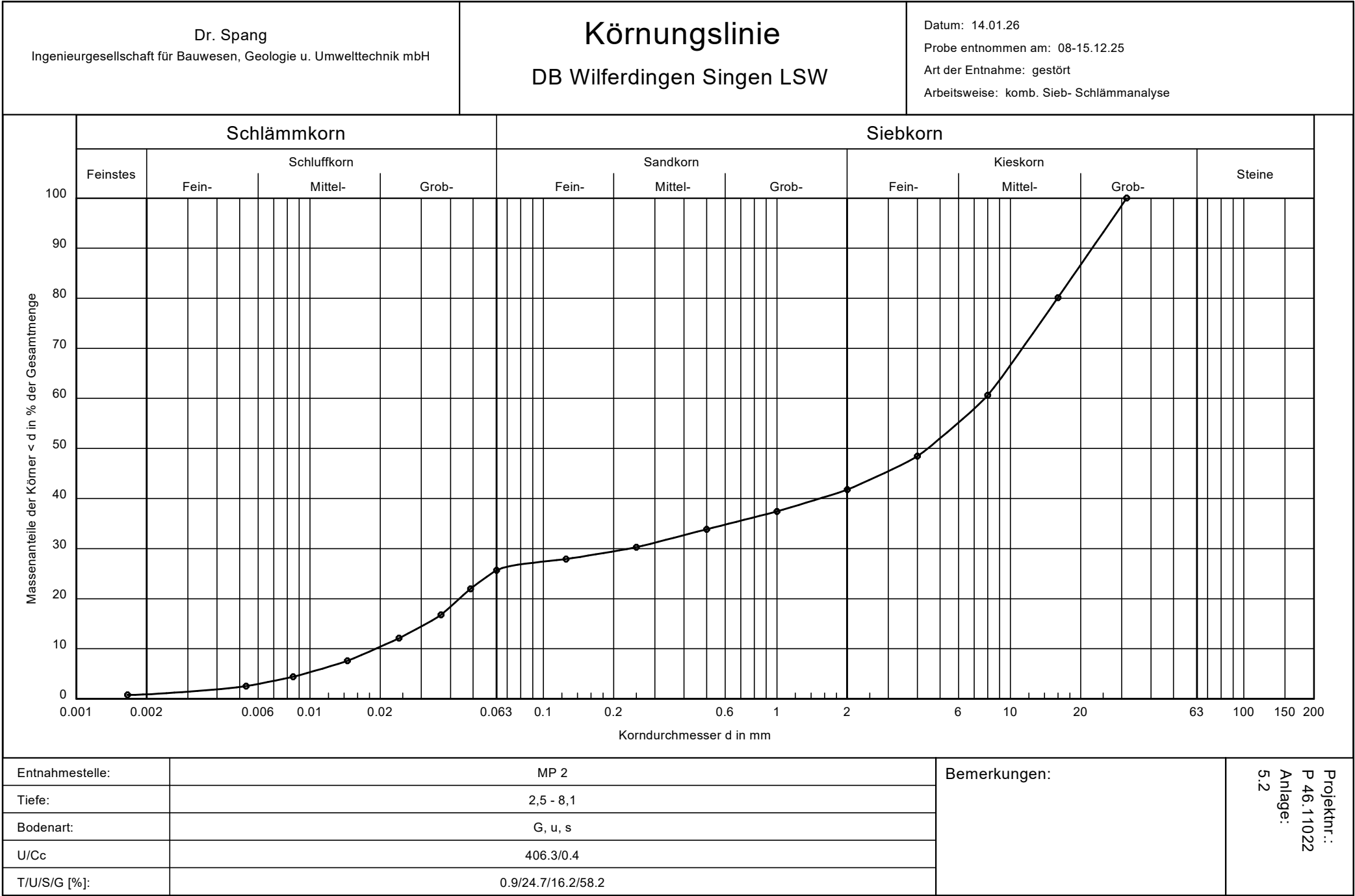
Datum: 12.01.26

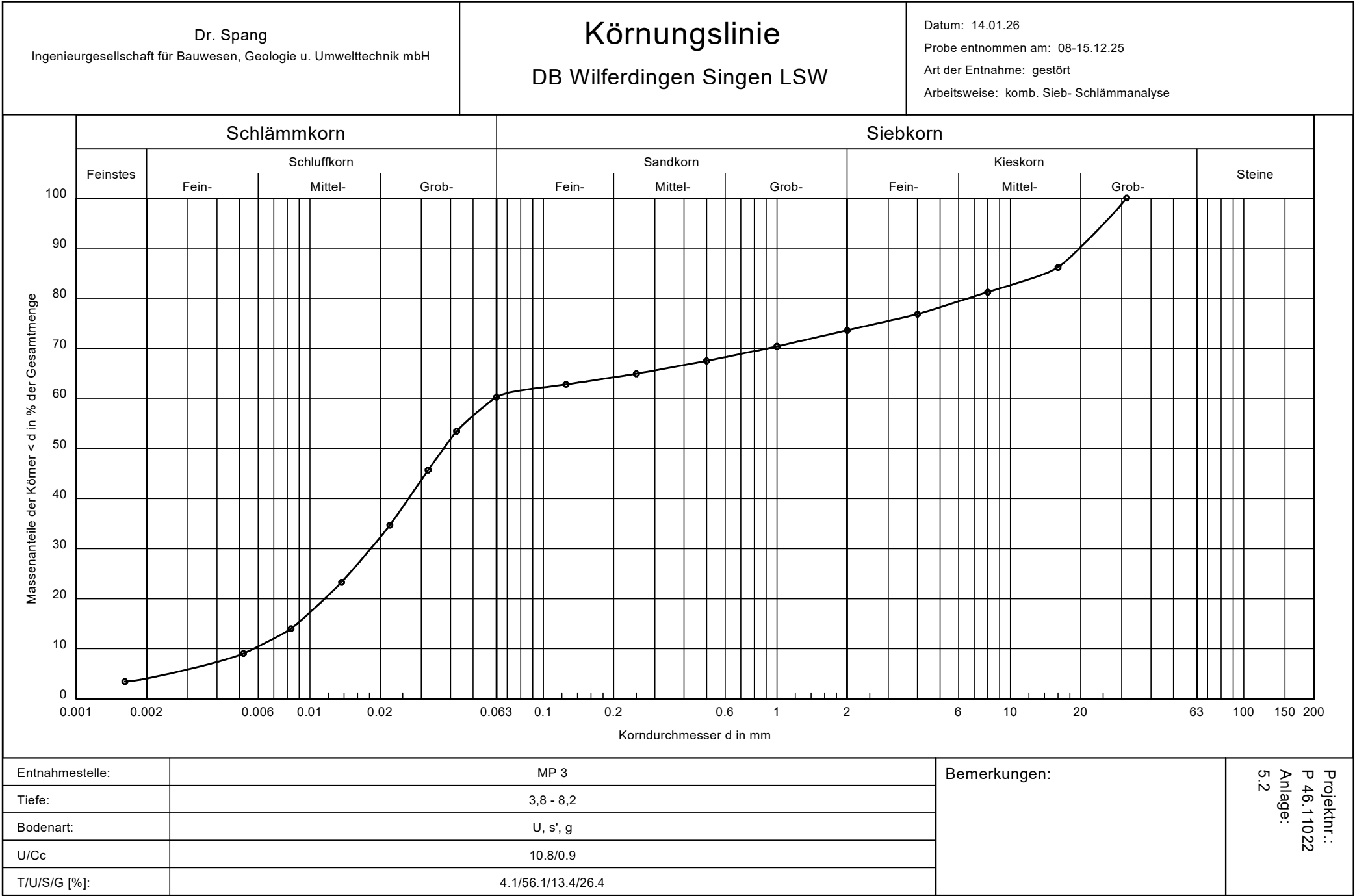
Entnahmestelle:	BS 14
Tiefe:	1,2 - 2,2
Bodenart:	T, $\bar{u}$, s'
Feuchte Probe + Behälter [g]:	179.88
Trockene Probe + Behälter [g]:	147.82
Behälter [g]:	6.04
Porenwasser [g]:	32.06
Trockene Probe [g]:	141.78
Wassergehalt [%]	22.61

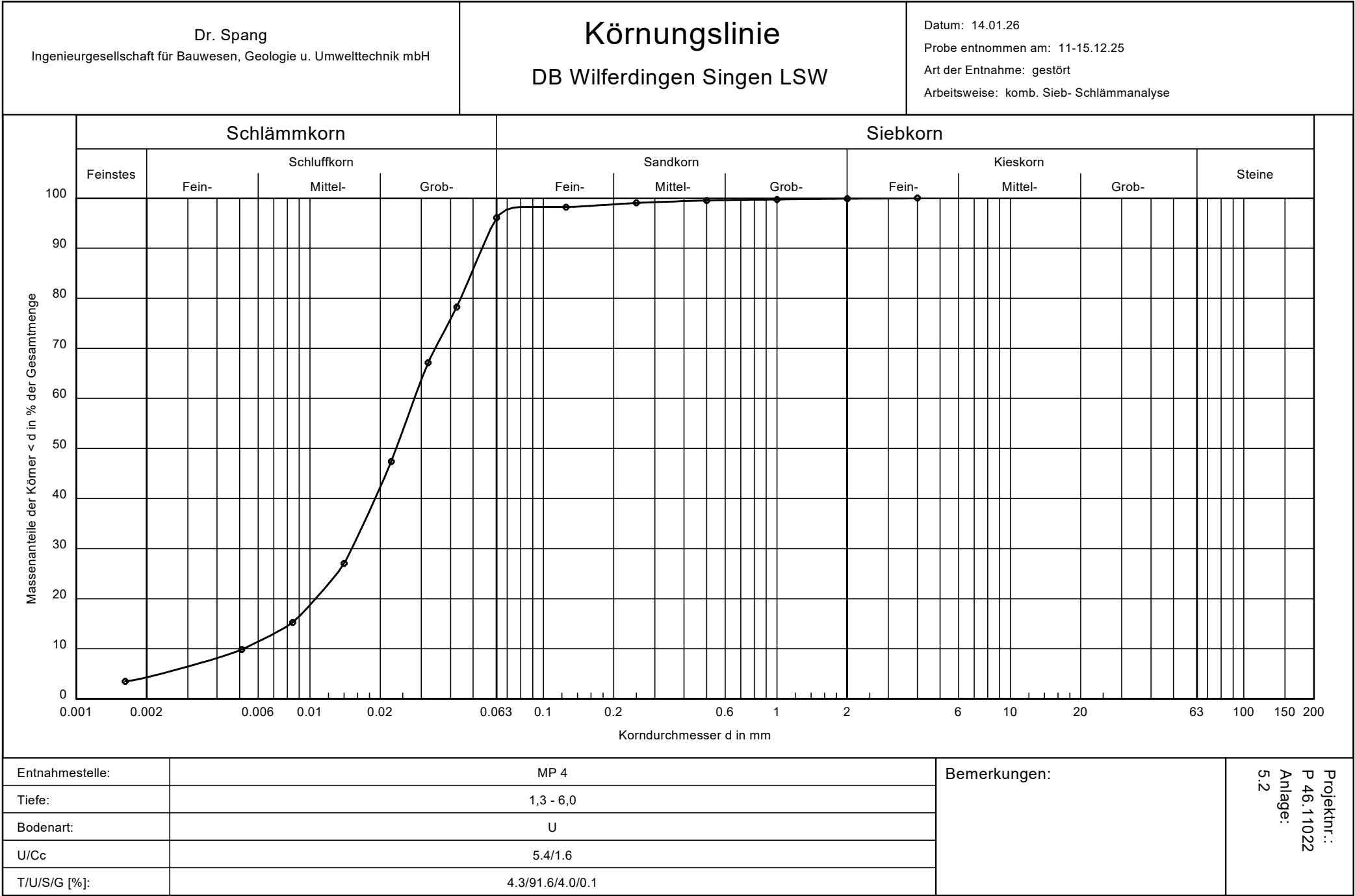
Entnahmestelle:	BS 17
Tiefe:	2,0 - 2,5
Bodenart:	U, s'
Feuchte Probe + Behälter [g]:	185.93
Trockene Probe + Behälter [g]:	153.39
Behälter [g]:	6.06
Porenwasser [g]:	32.54
Trockene Probe [g]:	147.33
Wassergehalt [%]	22.09

Entnahmestelle:	BS 20
Tiefe:	0,3 - 1,3
Bodenart:	T, $\bar{u}$, s'
Feuchte Probe + Behälter [g]:	250.89
Trockene Probe + Behälter [g]:	204.60
Behälter [g]:	6.09
Porenwasser [g]:	46.29
Trockene Probe [g]:	198.51
Wassergehalt [%]	23.32









Fließ- und Ausrollgrenze DIN EN ISO 17892-12

DB Wilferdingen Singen LSW

Bearbeiter: Lbb

Datum: 14.01.26

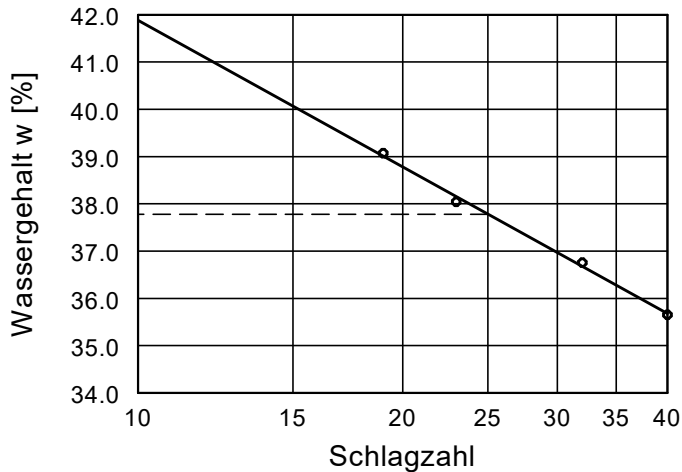
Entnahmestelle: BS 13

Tiefe: 1,1 - 2,1

Art der Entnahme: gestört

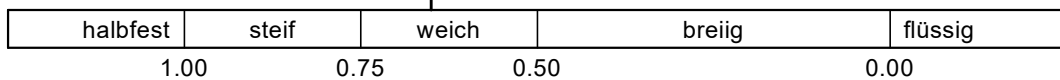
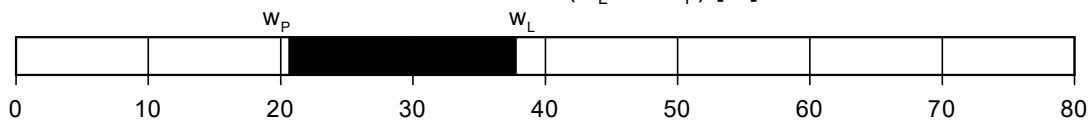
Bodenart: T, u, s'

Probe entnommen am: 08.12.25

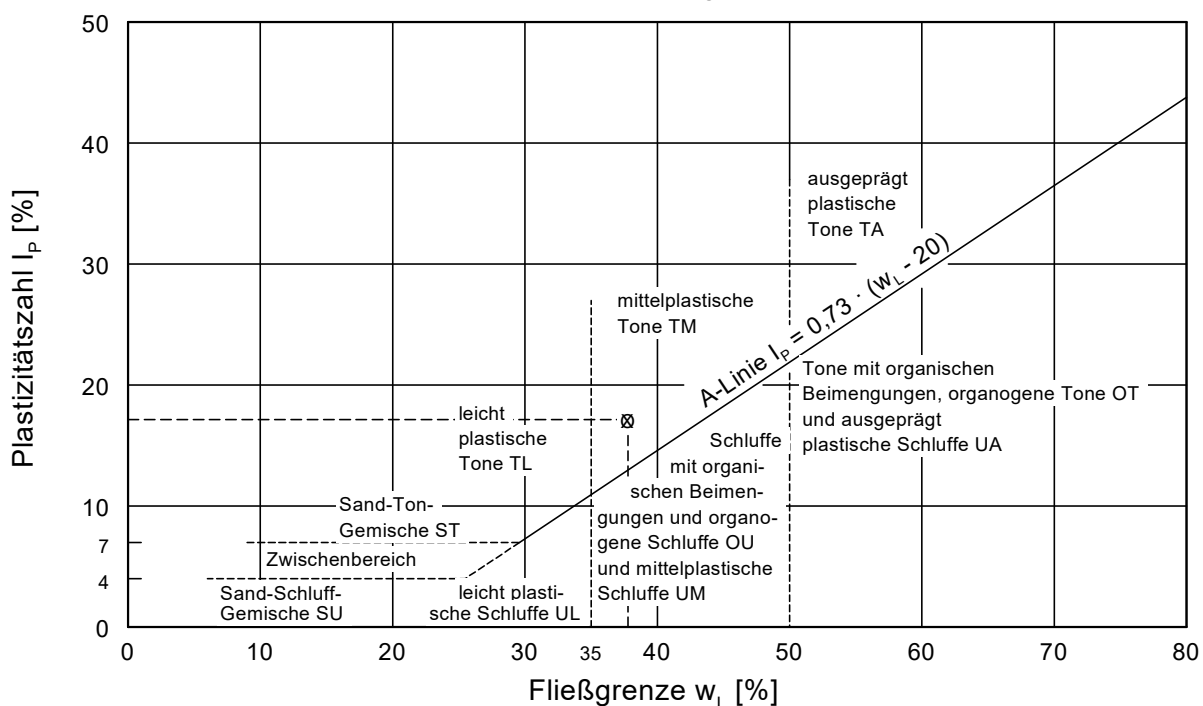


Wassergehalt w =	26.6 %
Fließgrenze w_L =	37.8 %
Ausrollgrenze w_p =	20.6 %
Plastizitätszahl I_p =	17.2 %
Konsistenzzahl I_C =	0.65

Zustandsform

$$I_C = 0.65$$
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]

Plastizitätsdiagramm



Fließ- und Ausrollgrenze DIN EN ISO 17892-12

DB Wilferdingen Singen LSW

Bearbeiter: Lbb

Datum: 14.01.26

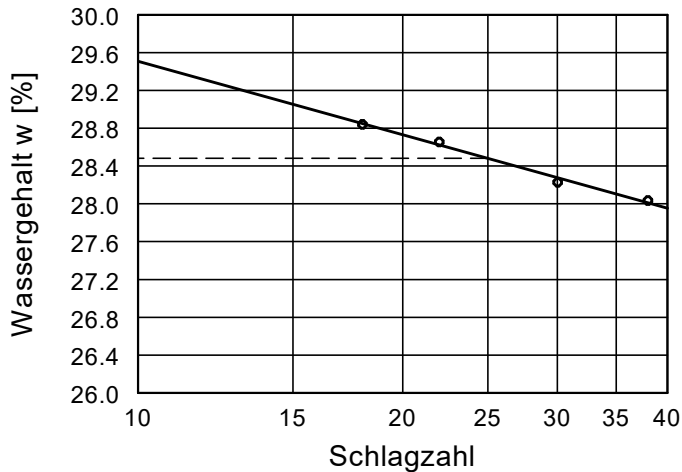
Entnahmestelle: BS 17

Tiefe: 2,5 - 4,0

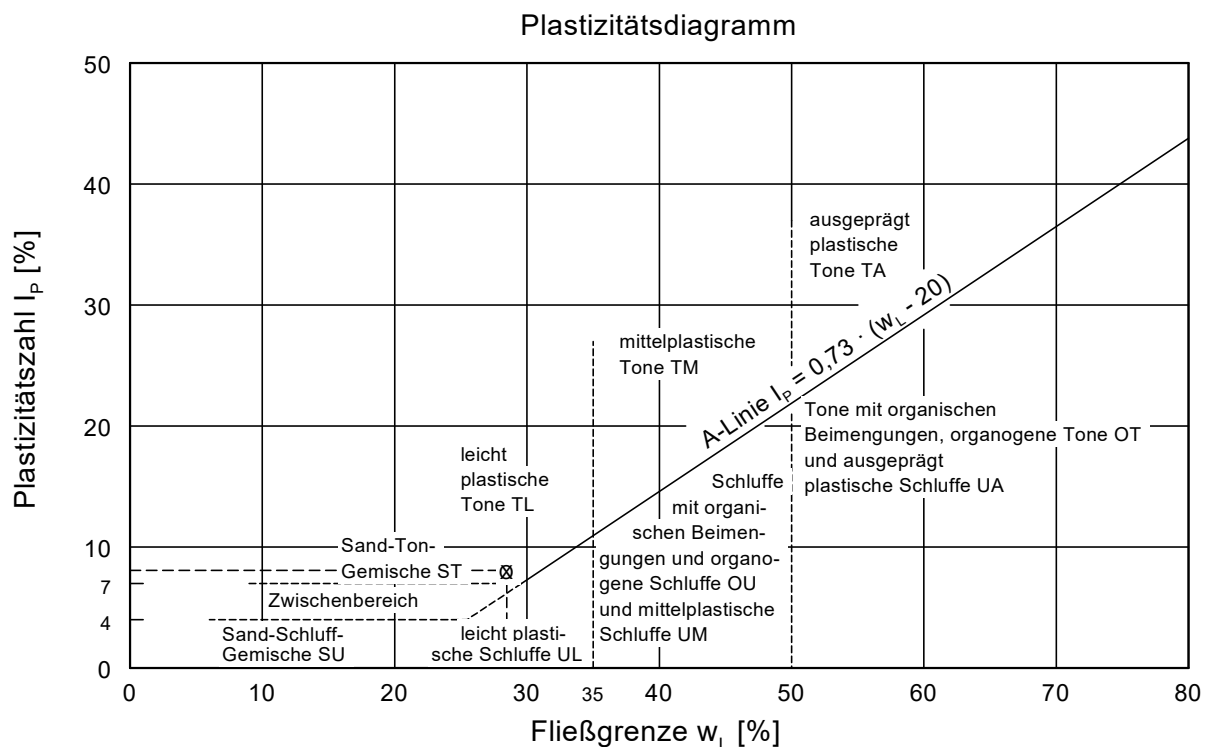
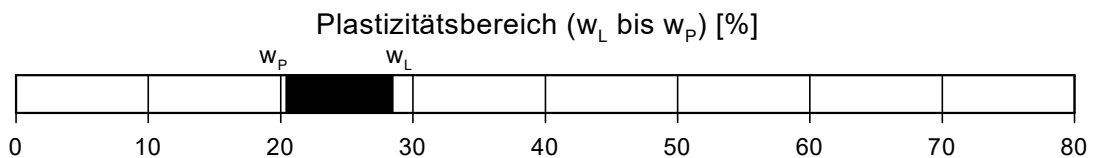
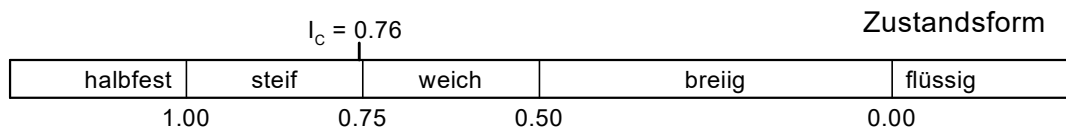
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: T, $\bar{u}$, s'

Probe entnommen am: 15.12.25



Wassergehalt $w =$ 22.4 %
Fließgrenze $w_L =$ 28.5 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 20.4 %
Plastizitätszahl $I_P =$ 8.1 %
Konsistenzzahl $I_C =$ 0.76



Fließ- und Ausrollgrenze DIN EN ISO 17892-12

DB Wilferdingen Singen LSW

Bearbeiter: Lbb

Datum: 19.01.26

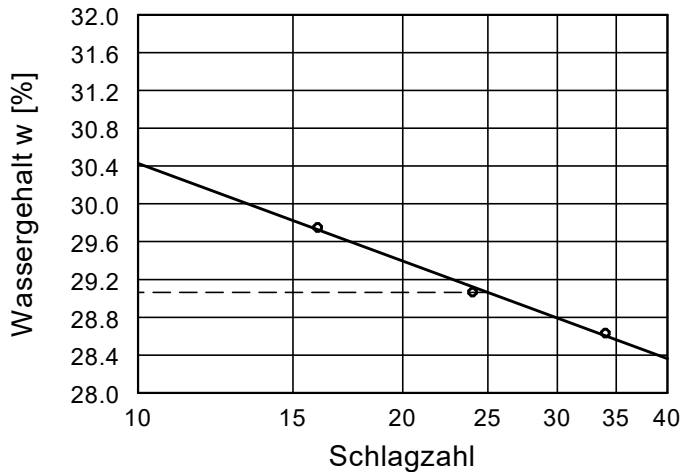
Entnahmestelle: BS 20

Tiefe: 0,3 - 1,3

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: T, $\bar{u}$, s'

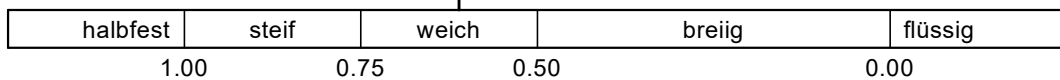
Probe entnommen am: 11.12.25



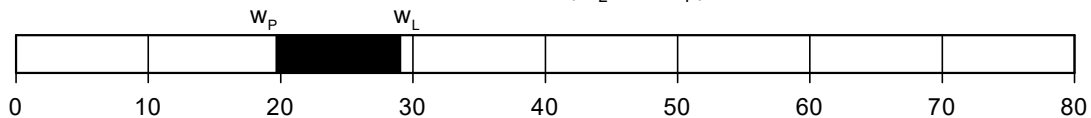
Wassergehalt w = 23.3 %
Fließgrenze w_L = 29.1 %
Ausrollgrenze w_P = 19.7 %
Plastizitätszahl I_P = 9.4 %
Konsistenzzahl I_C = 0.61

Zustandsform

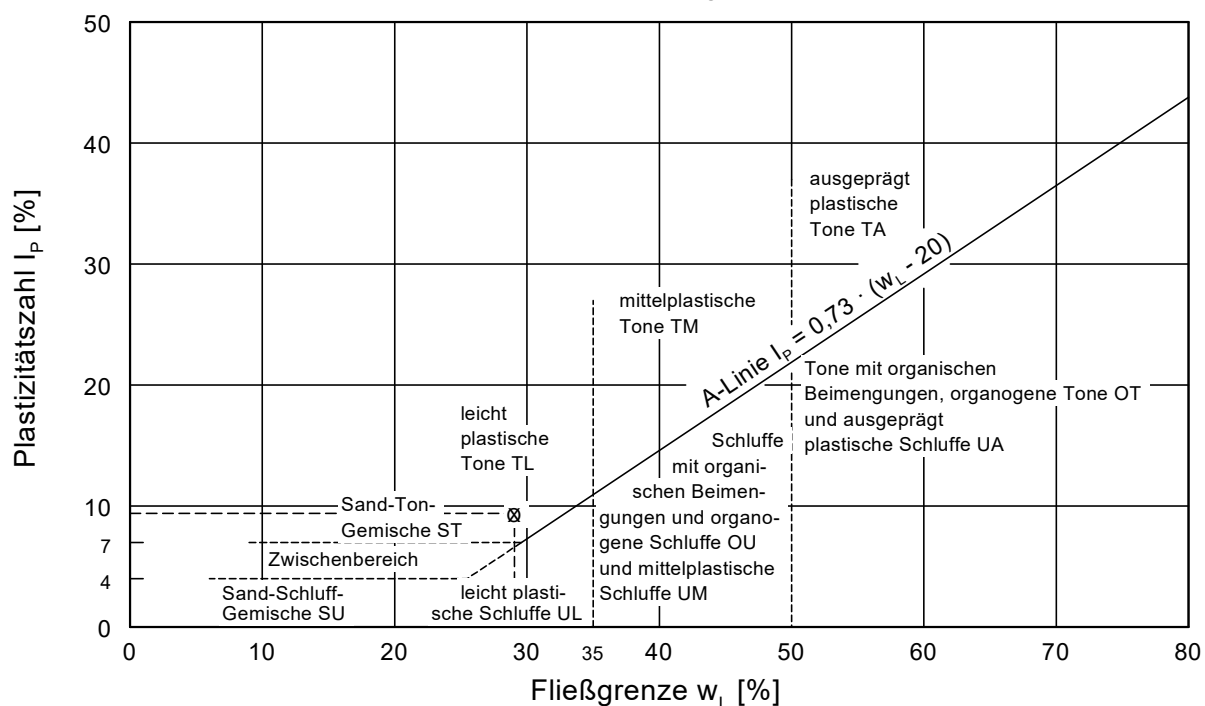
$I_C = 0.61$

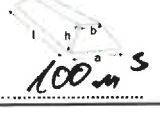


Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen Geologie und Umwelttechnik mbH		Anlage: <u>7.1.</u>	
		Datum: <u>15.12.2025</u>	
		Bearbeiter: <u>CoR</u>	
		Projekt-Nr: <u>11022</u>	
Probenahmeprotokoll gemäß der Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 98)		BV: <u>DB LSW</u> <u>Wilkendungen - Seitz</u>	
Aufftraggeber/Abfallerzeuger		Ausführende Firma	
<u>DB IntraGO AG</u>		<u>—</u>	
Bundesland	Ort/Stadt	Straße/Lage	
<u>BW</u>	<u>Wilkendungen</u>	<u>Bf Wilkendungen - Seitz</u>	
Uhrzeit	Probebezeichnung	Laborprobebezeichnung	
<u>08-17</u>	<u>MP G</u>	<u>MP G</u>	
Grund der Untersuchung:	Material-, Bodenart	Korngrößenbereich (T, U, S, G, X, Y)	Lagerungsform
☒ Deklaration	<u>Auffüllung</u>	<u>T₁₀, 7g</u>	☐ Miete / Haufwerk ☒ <u>in Seitz</u> ☐ Container
Material		Herkunft des Materials	Auffälligkeiten ☒ <u>keine</u> ☐ Gefahrstoff ☐ Ja ☒ nein vermut. Schadstoffe ☐ unbekannt ☐ PAK ☐ PCB ☐ BTEX ☐ KW ☒ <u>Quecksilber</u> ☐ ☐
☐ reiner Boden ohne Fremddanteile (FA) ☒ reines Material ohne Fremddanteile (FA)		☐ Abbruch ☒ Aushub ☐ Aufbruch ☐ vor Ort ☐ zwischengelagert	Bitte Fremddanteil / Störstoffe für nachfolgende Materialien immer rechts mit ausweisen. Die Summe muss rechts immer 100 Vol. % ergeben.
☒ Boden ☐ Bauschutt ☐ Asphaltfräsgut ☐ ☐	aus mit Boden <u>68</u> Vol. % Beton <u>2</u> Vol. % Ziegel <u>3</u> Vol. % Schlacke <u>1</u> Vol. % Asphalt <u>1</u> Vol. % <u>Gemischtes</u> Vol. %		
Art der Entnahme	Entnahme aus	Entnahmetiefe [m] von bis	Volumen ca. m³:
☐ von Hand ☐ Großgerät ☒ <u>Kleinstentnahme</u>	☐ Haufwerk ☒ <u>Kleinstentnahme</u>	<u>0 - 1,2 m</u>	 $V = \frac{a+b}{2} \cdot h \cdot l$ <u>100 m³</u>
Art der Probe	Probengefäße		
☐ Einzelprobe ☒ Mischprobe aus Einzelproben	☒ 5 Liter PE Eimer ☐ 10 Liter PE Eimer ☐ Glas		☐ Glas m. Methanol stabilisiert ☐
Probentransport	Untersuchungslabor:	Witterung:	Abdeckung:
☒ dunkel ☒ trocken ☐	<u>AGROLAB</u> <u>GmSH</u>	☒ trocken ☐ Niederschlag ☐	☐ Folie ☐ Container ☒ <u>keine</u>
Sensorische Ansprache			
Geruch			Farbe
☒ keine Auffälligkeiten ☐ süßlich ☐ säuerlich ☐ stechend ☐ muffig ☐ modrig			<u>braun-grün</u> Konsistenz <u>schleimig</u>
☐ faulig ☐ vergoren ☐ aromatisch ☐ fischig ☐ jauchig ☐ nach Lösungsmitteln riechend			

Bemerkungen (z.b. Auffälligkeiten während der Probenahme, beim Transport etc.)

—

Lageskizze (Lage der Hafwerke, Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude etc.)

Siehe Lageplan Anl. 2

Probennehmer

15.12.2025 Nikola Čončić

Anwesende Zeugen

Datum

Unterschrift

Datum

Unterschrift



AGROLAB Labor GmbH, Dr-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

DR. SPANG ING. GES.F.BAUW GMBH
Eberhard-Bauer-Str. 32
73734 Esslingen / Neckar

Datum 05.01.2026
Kundennr. 27019996

PRÜFBERICHT

Auftrag
Analysennr.
Probeneingang
Probenahme
Probenehmer
Kunden-Probenbezeichnung

3796672 P11022 DB LSW Wilferdingen Singen
484708 Bodenmaterial/Baggergut
22.12.2025
08.12.2025
Auftraggeber (Dr. Spang Ing. Ges.)
MP6

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraktion					DIN 19747 : 2009-07
Masse Laborprobe	kg	°	6,5	0,01	DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	%	°	89,0	0,1	DIN EN 15934 : 2012-11
Wassergehalt	%	°	11,0		Berechnung aus dem Messwert
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		2,91	0,1	DIN EN 15936: 2012-11 Verfahren B
Königswasseraufschluß					DIN EN ISO 54321 : 2021-04
Arsen (As)	mg/kg		9,6	0,8	DIN EN 16171 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/kg		110	2	DIN EN 16171 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,28	0,13	DIN EN 16171 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/kg		18	1	DIN EN 16171 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/kg		36	1	DIN EN 16171 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/kg		19	1	DIN EN 16171 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,63 ^{va)}	0,25	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg		0,1	0,1	DIN EN 16171 : 2017-01
Zink (Zn)	mg/kg		70	6	DIN EN 16171 : 2017-01
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg		<0,050 ^{m)}	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthylen	mg/kg		<0,050 ^{m)}	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthen	mg/kg		<0,050 ⁺	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoren	mg/kg		<0,050 ⁺	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Phenanthren	mg/kg		0,26	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Anthracen	mg/kg		0,10	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoranthren	mg/kg		0,87	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Pyren	mg/kg		0,75	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)anthracen	mg/kg		0,38	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Chrysen	mg/kg		0,49	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		0,64	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		0,44	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)pyren	mg/kg		0,47	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Dibenzo(ah)anthracen	mg/kg		0,11	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(ghi)perylene	mg/kg		0,40	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		0,31	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
PAK EPA Summe gem. Ersatzbaustoffv	mg/kg		5,3 ^{#5)}	1	Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PAK EPA Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg		5,2 ^{x)}	1	Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "°" gekennzeichnet.

Datum 05.01.2026

Kundennr. 27019996

PRÜFBERICHT

Auftrag

3796672 P11022 DB LSW Wilferdingen Singen

Analysennr.

484708 Bodenmaterial/Baggergut

Kunden-Probenbezeichnung

MP6

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
---------	----------	-----------	---------

Eluat

Eluatanalyse in der Fraktion <32 mm					DIN 19529 : 2015-12
Fraktion < 32 mm	%	°	100	0,1	DIN 19747 : 2009-07
Fraktion > 32 mm	%	°	<0,1	0,1	Berechnung aus dem Messwert
Eluat (DIN 19529)		°			DIN 19529 : 2015-12
Temperatur Eluat	°C		19,9	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert			8,5	0	DIN EN ISO 10523 : 2012-04
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		159	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Sulfat (SO ₄)	mg/l		4,1	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Arsen (As)	µg/l		<2,5	2,5	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	µg/l		7	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	µg/l		<0,25	0,25	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	µg/l		<1,0	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	µg/l		7	5	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	µg/l		<5	5	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	µg/l		0,16	0,025	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	µg/l		<0,06	0,06	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Zink (Zn)	µg/l		<30	30	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Trübung nach GF-Filtration	NTU		11	0,1	DIN EN ISO 7027 : 2000-04
Acenaphthylen	µg/l		<0,010 m)	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Acenaphthen	µg/l		<0,010 m)	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Fluoren	µg/l		<0,010 (+)	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Phenanthren	µg/l		0,019	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Anthracen	µg/l		0,012	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Fluoranthren	µg/l		0,021	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Pyren	µg/l		0,017	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Benzo(a)anthracen	µg/l		<0,010 m)	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Chrysen	µg/l		<0,030 m)	0,03	DIN 38407-39 : 2011-09
Benzo(b)fluoranthren	µg/l		0,029	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Benzo(k)fluoranthren	µg/l		<0,020 m)	0,02	DIN 38407-39 : 2011-09
Benzo(a)pyren	µg/l		<0,020 m)	0,02	DIN 38407-39 : 2011-09
Dibenzo(ah)anthracen	µg/l		<0,010 m)	0,01	DIN 38407-39 : 2011-09
Benzo(ghi)perylene	µg/l		<0,040 m)	0,04	DIN 38407-39 : 2011-09
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l		<0,030 m)	0,03	DIN 38407-39 : 2011-09
PAK 15 Summe gem. Ersatzbaustoffv	µg/l		0,19 #5)	0,05	Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PAK 15 Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l		0,098 x)	0,05	Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

#5) Einzelwerte, die die Nachweisgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt. Bei Einzelwerten, die zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze liegen, wurde die halbe Bestimmungsgrenze zur Berechnung zugrunde gelegt.

m) Die Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte bzw. Substanzüberlagerungen eine Quantifizierung erschweren.

va) Die Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da die vorliegende Konzentration erforderte, die Probe in den gerätespezifischen Arbeitsbereich zu verdünnen.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Das Zeichen "<...(+)" in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Bei der Messung nach DIN EN 15934 : 2012-11 wurde Verfahren A verwendet.

Bei der Messung nach DIN EN 15936 : 2012-11 wurde Verfahren B verwendet.

Für die Messung nach DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 wurde das Probenmaterial mittels Schütteln extrahiert und über eine Florisilsäule aufgereinigt.

Datum 05.01.2026
Kundennr. 27019996

PRÜFBERICHT

Auftrag **3796672 P11022 DB LSW Wilferdingen Singen**
Analysennr. **484708 Bodenmaterial/Baggergut**
Kunden-Probenbezeichnung **MP6**

Für die Eluaterstellung wurden je Ansatz 350 g Trockenmasse +/- 5g mit 700 ml deionisiertem Wasser versetzt und über einen Zeitraum von 24h bei 5 Umdrehungen pro Minute im Überkopfschüttler eluiert. Bei Bedarf werden mehrere Ansätze parallel eluiert. Die Fest-/Flüssigphasentrennung erfolgte für hydrophile Stoffe gemäß Zentrifugation/Membranfiltration, für hydrophobe Stoffe gemäß Zentrifugation/Glasfaserfiltration.

Für die Messung nach DIN EN 38404-4 : 1976-12 wurde das erstellte Eluat/Perkolat nicht stabilisiert.

Für die Messung nach DIN EN ISO 10523 : 2012-04 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN EN 27888 : 1993-11 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur Messung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels konzentrierter Salpetersäure stabilisiert.

Für die Messung nach DIN EN ISO 12846 : 2012-08 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels 30%iger Salzsäure stabilisiert.

Für die Messung nach DIN EN ISO 7027 : 2000-04 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN 38407-39 : 2011-09 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Beginn der Prüfungen: 23.12.2025

Ende der Prüfungen: 02.01.2026

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

AGROLAB Labor GmbH, Stefan Ostermeier, Tel. 08765/93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "N" gekennzeichnet.



AGROLAB Labor GmbH, Dr-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

DR. SPANG ING. GES.F.BAUW GMBH
Eberhard-Bauer-Str. 32
73734 Esslingen / Neckar

Datum 29.01.2026

Kundennr. 27019996

PRÜFBERICHTAuftrag
Analysennr.
Probeneingang
Probenahme
Probenehmer
Kunden-Probenbezeichnung**3796668** P11022 DB LSW Wilferdingen Singen
484702 Mineralisch/Anorganisches Material
22.12.2025
08.-15.12.2025
Auftraggeber (Dr. Spang Ing. Ges.)
MP5

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraktion					DIN 19747 : 2009-07
Neutralsalze *)	mmol/kg	°	0,784		Berechnung
Trockensubstanz	%	°	78,4	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
pH-Wert (H2O)	u)	°	7,78	0,1	DIN EN 12176:1998-06(PL)
Bodenart	u)	°	schluffiger Lehm	0	VDLUFA I, D 2.1 : 1997(PL)
Basekapazität pH 7,0	u)	mmol/kg	<0,400 (NWG)	0,8	DIN 38409-7 : 2005-12(PL)
Säurekapazität pH 4,3	u)	mmol/kg	5,76	0,8	DIN 38409-7 : 2005-12(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u)	mg/kg	181	100	DIN 4030-2 : 2024-07 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug *)	mmol/kg	°	1,89	1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		0,58	0,1	DIN EN 15936: 2012-11 Verfahren B
Aufschluss Chlorid *)					DIN 4030-2 : 2008-06
Chlorid (Cl) u) *)	mg/kg		640	25	DIN 4030-2 : 2024-07(PL)
Sulfat u)	mg/kg		221	100	DIN 4030-2 : 2024-07 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)
Sulfid, gesamt u) *)	mg/kg		3,1	0,1	DIN 4030-2 : 2024-07 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)
Sulfid leicht freisetzbar *)	mg/kg		2,7	0,2	DIN 38405-27 : 2017-10 (mod.) (D 27)
Säuregrad n. Baumann-Gully *)	ml/kg		14	1	DIN 4030-2 : 2008-06

Eluat

Eluatherstellung u)			+		DIN 38414-4 : 1984-10 (mod) (WF 4)(PL)
Chlorid (Cl) u)	mg/l		4,46	0,1	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07(PL)
Sulfat (SO4) u)	mg/l		3,37	0,1	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07(PL)

Das Zeichen "<...(NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



Datum 29.01.2026
Kundennr. 27019996

PRÜFBERICHT

Auftrag **3796668 P11022 DB LSW Wilferdingen Singen**
Analysennr. **484702 Mineralisch/Anorganisches Material**
Kunden-Probenbezeichnung **MP5**

Untersuchung durch

(PL) A.W.V-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 4030-2 : 2024-07; DIN 4030-2 : 2024-07 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03

(PL) A.W.V-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07; DIN EN 12176:1998-06; DIN 38409-7 : 2005-12; DIN 38414-4 : 1984-10 (mod) (WF 4); DIN 4030-2 : 2024-07 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03; VDLUFA I, D 2.1 : 1997

Normmodifikation

DIN 38405-27 : 2017-10 (mod.) (D 27): saure Gasextraktion fester Proben

Bei der Messung nach DIN EN 15936 : 2012-11 wurde Verfahren B verwendet.

Beginn der Prüfungen: 23.12.2025

Ende der Prüfungen: 29.01.2026

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

AGROLAB Labor GmbH, Stefan Ostermeier, Tel. 08765/93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "N" gekennzeichnet.

AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dr. Carlo C. Peich
Dr. Paul Wimmer
Dr. Torsten Zurmühl



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14289-01-00

 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH					Anlage: 7.3													
					Datum: 20.01.2026													
Gegenüberstellung der Analysenergebnisse zu den Materialwerten für Bodenmaterial gemäß ErsatzbaustoffV					Bearbeiter und Prüfer: DiC Cor													
					Projekt-Nr.: P46.11022													
					Projekt: DB 4200 LSW Wilferdingen-Singen													
Labornummer					484708					Materialwerte für Bodenmaterial gemäß ErsatzbaustoffV Stand: 13.07.2023 Anlage 1, Tabelle 3								
Prüfberichtsdatum					05.01.2026													
Bezeichnung					MP6													
Material					Boden													
Einzelproben					4													
Tiefe [m]					0,0-1,2					Bodenmaterial ¹⁾ Verwendung in technischen Bauwerken								
min. Fremdbestandteile Vol.-%					≤ 50													
Art (S U T)					T					10 10 10 10 50 50 50 50 50								
Parameter					FS EL		FS EL		BM-0 BM-0*		BM-F0* BM-F1 BM-F2 BM-F3 >BM-F3							
Untersuchte Kornfraktion im Feststoff					Gesamtfraktion		Gesamtfraktion		Kornfraktion < 2 mm		bis 10 Vol.-% FA Feststoff an < 2 mm bis 50 Vol.-% min. Fremdbestandteile Feststoff an der Gesamtfraktion							
Spaltenanzahl gem. Tabelle 3 der ErsatzbaustoffV									3 4 5 6		7 8 9 10 11							
bewertungsrelevante Spalten					7-11				bis BM-0*									
pH-Wert ⁴⁾					8,5						6,5-9,5 6,5 - 9,5 6,5 - 9,5 5,5 - 12 <5,5 >12							
el. Leitfähigkeit ⁴⁾ µS/cm					159,0				350		350 500 500 2.000 > 2000							
Sulfat mg/l					4,1				250 ⁵⁾ 250 ⁵⁾ 250 ⁵⁾ 250 ⁵⁾		450 450 1.000 > 1000							
Arsen mg/kg					9,6				10 20 20		20 40 40 40 150 > 150							
Arsen µg/l					< 2,5				8 (13)		12 20 85 100 > 100							
Blei mg/kg					110,0				40 70 100		140 140 140 700 > 700							
Blei µg/l					7,0				23 (43)		35 90 250 470 > 470							
Cadmium mg/kg					0,28				0,4 1 1,5		1 ⁶⁾ 2 2 2 10 > 10							
Cadmium µg/l					< 0,25				2 (4)		3 3 10 15 > 15							
Chrom, gesamt mg/kg					18,0				30 60 100		120 120 120 600 > 600							
Chrom, gesamt µg/l					< 0,1				10 (19)		15 150 290 530 > 530							
Kupfer mg/kg					36,0				20 40 60		80 80 80 320 > 320							
Kupfer µg/l					7,0				20 (41)		30 110 170 320 > 320							
Nickel mg/kg					19,0				15 50 70		100 100 100 350 > 350							
Nickel µg/l					< 5,0				20 (31)		30 30 150 280 > 280							
Quecksilber mg/kg					0,63				0,2 0,3 0,3		0,6 0,6 0,6 5 > 5							
Quecksilber ¹²⁾ µg/l					0,16				0,1 0,1 0,1		0,1 0,1 0,1 > 0,1							
Thallium mg/kg					0,1				0,5 1,0 1,0		1,0 2 2 7 > 7							
Thallium ¹²⁾ µg/l					< 0,06				0,2(0,3) 0,2(0,3) 0,2(0,3)		0,2(0,3) 0,2(0,3) > 0,2(0,3)							
Zink mg/kg					70,0				60 150 200		300 300 300 1.200 > 1200							
Zink µg/l					< 30,0				100 (210)		150 160 840 1600 > 1600							
TOC M.-%					2,91				1 ⁷⁾ 1 ⁷⁾ 1 ⁷⁾		1 ⁷⁾ 5 5 5 5 > 5							
KW (C10 - C22) ⁸⁾ mg/kg					< 50,0				300		300 300 1.000 > 1000							
KW (C10 - C40) ⁸⁾ mg/kg					< 50,0				600		600 600 2.000 > 2000							
Benzo(a)pyren mg/kg									0,3 0,3 0,3									
PAK ₁₅ ⁹⁾ µg/l					0,19				0,2 0,3		1,5 3,8 20,0 > 20							
PAK ₁₆ ¹⁰⁾ mg/kg					5,3				3 3 3		6 6 9 30 > 30							
Naphthalin u. Methylnaphthaline µg/l											2							
PCB ₍₆₎ und PCB-118 mg/kg									0,05 0,05 0,05		0,1 0,15* 0,15* 0,15* 0,53* >0,5*							
PCB ₍₆₎ und PCB-118 µg/l											0,01 0,02* 0,02* 0,02* 0,04* >0,04*							
EOX ¹¹⁾ mg/kg									1 1 1 1		3* 3* 3* 10* >10 ¹¹⁾							
AUSWERTUNG für BM-0 bis BM-0*									Erläuterungen fehlende Eingabewerte n.n. nicht nachweisbar n.a. nicht analysiert 0,00 Einstufungsrelevanter Parameter 0,00 Nur Sulfatüberschreitung 3)+5) bei BM-0 * spezifische Belastungsparameter sind nur bei Verdach zu untersuchen									
AUSWERTUNG für BM-F0* bis BM-F3 (Anwendung in tech.Bauwerken)					> BM-F3													
angewandte Fußnote:					9)10)12)1)													
Erläuterung zu den Fußnote 4, 5 und 7																		
Hinweise					Benzo[a]pyren > BM-0 Bewertung BM-F0* bis BM-F3 da FA > 10 Vol.-%													

 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH		Anlage: 7.4	
		Datum: 20.01.2026	
		Bearbeiter: Cor	
		Projekt-Nr.: P11022	
Prüfung und Beurteilung von betonangreifenden Böden nach DIN 4030 Teil 1:2008-06		Projekt: DB LSW Wilferdingen Singen	
1. Allgemeine Angaben Prüfungs-Nr.: 484702 Auftrags-Nr.: 3796668 Entnahmestelle: MP 5 Art des Bodens: Entnahmetiefe: 0,7-8,0 m Entnahmedatum: 15.12.2025 Probeneingang: 22.12.2025 Probenehmer: Yuan			
2. Bodenanalyse		3. Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1:2008-06	
	Prüfergebnis	XA 1 (schwach angreifend)	XA 2 (mäßig angreifend)
		XA 3 (stark angreifend)	
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	221 mg/kg	> 2000 und ≤ 3000	> 3000 und ≤ 12000
Säuregrad	14,0 ml/kg	> 200	in der Praxis nicht anzutreffen
Sulfid (S ²⁻)	3,1 mg/kg	> 100 ¹⁾	-
Chlorid (Cl ⁻)	640,0 mg/kg	gem. DIN 4030 5.3.2 ist der Wert nur zu bestimmen ein Einstufungswert existiert nicht	
		n.n. - nicht nachweisbar	
4. Beurteilung nicht aggressiv			
¹⁾ Gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.			

 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH			Anlage: 7.3	
			Datum: 20.01.2026	
			Bearbeiter: Cor	
			Projekt-Nr.: 46.11022	
Beurteilung von Erdböden nach DIN 50 929, Teil 3 Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung			Projekt: DB LSW Wilferdingen Singen	
Bezeichnung und Bodenart: MP5 Lehmiger Sand			Entnahmetiefe [m]: 0,7 m - 8,0 m	
Nr.	Merkmal und Dimension	Einheit / Prüfergebnis	Meßwertbereiche	Bewertungszahl
a) Beurteilung einer Bodenprobe				
1	Bodenart	%		Z₁ = 2
	Bindigkeit: Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen	30	≤ 10	+ 4
			> 10 bis 30	+ 2
			> 30 bis 50	0
			> 50 bis 80	- 2
			> 80	- 4
2	Verunreinigungen (z.B. durch Brennstoffasche, Schlacke, Kohlestücke, Koks, Müll, Schutt), TOC	nein	ja/nein	- 12
		1 %	> 5 %	
2	spezifischer elektrischer Bodenwiderstand	Ohm m		Z₂ = 0
		100,0	> 500	+ 4
			200 bis 500	+ 2
			50 bis 200	0
			20 bis 50	- 2
			10 bis 20	- 4
			< 10	- 6
3	Wassergehalt	%		Z₃ = -1
		21,6	≤ 20 > 20	0 - 1
4	pH-Wert			Z₄ = 0
		7,78	> 9	+ 2
			> 6 bis 9	0
			4 bis 6	- 1
			< 4	- 3
5	Pufferkapazität	mmol / kg		Z₅ = 0
	Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität K _{S 4,3})	5,76	> 1 000	+3
			200 bis 1 000 < 200	+ 1 0
6	Pufferkapazität	mmol / kg		Z₆ = 0
		-0,4	< 2,5	0
			2,5 bis 5	- 2
			> 5 bis 10	- 4
			> 10 bis 20	- 6
			> 20 bis 30	- 8
			> 30	- 10

 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH			Anlage: 7.3	
			Datum: 20.01.2026	
			Bearbeiter: Cor	
			Projekt-Nr.: 46.11022	
Beurteilung von Erdböden nach DIN 50 929, Teil 3 Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung			Projekt: DB LSW Wilferdingen Singen	
Nr.	Merkmal und Dimension	Einheit / Prüfergebnis	Meßwertbereiche	Bewertungszahl
7	Sulfid (S ²⁻)	mg / kg		Z ₇ = 0
		3,1	< 5	0
		5 bis 10	- 3	
		> 10	- 6	
8	Sulfat (SO ₄ ²⁻ , salzsaurer Auszug)	mmol / kg		Z ₈ = 0
		1,89	< 2	0
		2 bis 5	- 1	
		> 5 bis 10	- 2	
		> 10	- 3	
9	Neutralsalze (wäßriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2 c(SO ₄ ²⁻)	mmol / kg		Z ₉ = 0
		0,784	< 3	0
		3 bis 10	- 1	
		> 10 bis 30	- 2	
		> 30 bis 100	- 3	
		> 100	- 4	
b) Beurteilung aufgrund örtlicher Gegebenheiten				
10	Lage des Objektes zum Grundwasser			Z ₁₀ = -2
			GW im. vorhanden	- 1
	x	GW zeit. wechselnd	- 2	
11	Bodenhomogenität, horizontal	Ohm m		Z ₁₁ = 0
	Bodenwiderstandsprofil: ermittelt werden Änderungen von Z2 (nach Zeile 2) von benachbarten Bodenbereichen: Δ Z2 (Bei dieser Bewertung werden alle positiven Z2-Werte gleich "+ 1" gesetzt)	x	Δ Z ₂ < 2	0
			2 ≤ Δ Z ₂ ≤ 3	- 2
		Δ Z ₂ > 3	- 4	
12	Bodenhomogenität, vertikal	Ohm m		Z ₁₂ = 0
	Schichtung unterschiedlicher Böden mit verschiedenen Z3-Werten; Ermittlung von Δ Z2 entsprechend Zeile 10	x	Δ Z ₂ < 2	0
			2 ≤ Δ Z ₂ ≤ 3	- 1
		Δ Z ₂ > 3	- 2	
13	Bodenhomogenität, Bettung			Z ₁₃ = 0
	artgleicher Boden oder Sand	x	homogen	0
	bodenfremde Bestandteile wie Holz, Wurzeln		inhomogen	-6
14	Bodenhomogenität, untersch. pH-Werte			Z ₁₄ = 0
	anthropogene Beeinflussung z. B. Verunreinigung mit Abbruch gekalkte	x	Δ Z4 < 1,5	0

 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH			Anlage: 7.3	
			Datum: 20.01.2026	
			Bearbeiter: Cor	
			Projekt-Nr.: 46.11022	
Beurteilung von Erdböden nach DIN 50 929, Teil 3 Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung			Projekt: DB LSW Wilferdingen Singen	
	Verunreinigung mit Abfällen, gekankte Böden		$ \Delta Z_4 \geq 1,5$	-6

 DR. SPANG Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH			Anlage: 7.3	
			Datum: 20.01.2026	
			Bearbeiter: Cor	
			Projekt-Nr.: 46.11022	
Beurteilung von Erdböden nach DIN 50 929, Teil 3 Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung			Projekt: DB LSW Wilferdingen Singen	
Nr.	Merkmal und Dimension	Einheit / Prüfergebnis	Meßwertbereiche	Bewertungszahl
15	Anwesenheit von Fremdkathoden Objekt/Boden-Potential $U_{Cu/CuSO_4}$			$Z_{15} =$
	Ist eine Potentialmessung nicht möglich, z.B. bei der Beurteilung eines Bodens ohne Objekt, ist $Z_{15} = -10$ zu setzen, wenn Kohlenstücke oder Koks vorhanden sind		< - 0,5	0
			- 0,5 bis - 0,4	- 3
			> - 0,4 bis - 0,3	- 8
			> - 0,3	- 10

Abschätzung der Bodenaggressivität (DIN 50 929-3, Tab. 2):

Ohne Berücksichtigung der Lage des Objekts im Grundwasser (ohne GW)

$B_0 = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9$

=

1

	Bodenklasse	Bodenaggressivität
ohne GW	Ia	sehr niedrig

Unter Berücksichtigung der Lage des Objekts im Grundwasser (mit GW)

$B_0 = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10}$

=

-1

	Bodenklasse	Bodenaggressivität
mit GW	Ib	niedrig

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit (DIN 50 929-3, Tab. 3):

$B_1 = B_0 + Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + Z_{14}$

=

1

	Mulden- und Lochkorrosion	Flächen- korrosion
ohne GW	sehr gering	sehr gering
mit GW	sehr gering	sehr gering