augeon INGENIEURBÜRO FÜR GEO- & UMWELTTECHNIK GMBH & CO. KG

augeon GmbH & Co. KG
Essenweinstraße 43
76131 Karlsruhe
Tel. 0721 626 9087-0
Fax 0721 626 9087-20
augustin@augeon.de
www.augeon.de

Geotechnisches Gutachten

Auftraggeber/Bauherr:	DB Netz AG Regionalbereich Südwest GF Regionalnetze Schwarzwaldstraße 82 76137 Karlsruhe
Bauvorhaben:	Erneuerung EÜ Reutebachgasse, Strecke 4000, km 205,091,
Projektnummer:	17K.073
Bestellnummer:	0016 / IQ2 / 26854576
Rahmenvertrag Nr.:	1000 / EKX / 92202091
Datum:	08.12.2017 (Bru/Wie)

augeon GmbH & Co. KG, Sitz: Karlsruhe. Amtsgericht - Registergericht - Mannheim HRA 703351
Steuernummer: 35038/26909. USt-Id Nr. DE 275143903. Komplementärin: augeon
Verwaltungsgesellschaft mbH, Sitz: Karlsruhe. Amtsgericht - Registergericht - Mannheim HRB 710854;
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Sven Augustin, Dr.-Ing. Sascha Rübel, Dr.-Ing. Holger Wienbroer

Inhaltsverzeichnis **Seite**

1	Vorgang und Auftrag	3
2	Unterlagen	3
3	Baugelände und Baumaßnahme	3
4	Baugrundaufschlüsse und Laborversuche	3
5	Baugrundverhältnisse	4
5.1	Regionale Geologie	4
5.2	Erdbebengefährdung	4
5.3	Bodenart und Schichtenfolge	4
5.4	Bodenkennwerte	6
5.5	Hydrogeologische Verhältnisse	7
5.6	Homogenbereiche	7
6	Gründungsempfehlungen	8
6.1	Allgemeine Angaben	8
6.2	Flachgründung der Brückenwiderlager	8
6.3	Gründung des Bauwerks auf Bohrpfählen	8
6.4	Baugruben und Arbeitsraumverfüllung	9
6.5	Wasserhaltung	9
7	Allgemeine Hinweise zur Bauausführung	10
8	Schlussbemerkungen	11

Anlagenverzeichnis

1	Übersichtsplan, M. 1:25.000
2	Lageplan, M. 1:100
3.1 - 3.4	Fotodokumentation
4.1 - 4.7	Bohr- und Kernbohrprofile und Rammdiagramme, M 1:100, M 1:50
5.1 - 5.4	Ergebnisse der Laborversuche
6.1 - 6.4	Lage und Ganglinie der Grundwassermessstellen
7	Homogenbereiche
8	Ingenieurgeologischer Schnitt, M. 1:100

1 Vorgang und Auftrag

Die DB Netz AG plant auf der DB-Strecke 4000 die Erneuerung der Eisenbahnüberführung (EÜ) bei km 25,091 über einer Straße. Für eine wirtschaftliche, bautechnisch sinnvolle und sichere Planung, Ausschreibung und Bauausführung sind geotechnische Angaben über den Baugrund erforderlich.

Die augeon GmbH & Co. KG wurde durch die Bestellung 0016 / IQ2 / 26854576 vom 08.03.2017 schriftlich mit der Baugrunderkundung und der Ausarbeitung eines geotechnischen Gutachtens beauftragt.

2 Unterlagen

Für die Ausarbeitung des Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

[1] Geologische Karte des Schwarzwaldes, M. 1:150.000, Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 2006,

[2] Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Ba.-Wü., M. 1:350.000,

[3] Daten- und Kartendienst des Landesamtes für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW): (http://brsweb.lubw.baden-wuerttemberg.de), Abfrage vom 09.10.2017,

[4] Ivl 4000 LT, Strecke 4000 Mannheim - Basel - Konstanz, km 203,9 + 30 - km 204,8 + 53, DB Netz AG, M. 1:100, Stand: 06.2015, digital überreicht durch den Auftraggeber,

[5] Vorschriften, Richtlinien, Eurocodes, DIN-Normen, Eisenbahnspezifische Liste Technischer Bedingungen (ELTB), Technische Regelwerke und Empfehlungen (an entsprechender Stelle genauer benannt).

3 Baugelände und Baumaßnahme

Die Eisenbahnüberführung befindet sich im Stadtteil Zähringen in Freiburg im Breisgau. Zähringen liegt im Norden der Stadt. Die zu erneuernde EÜ quert bei km 205,091 die asphaltierte Straße Reutebachgasse. Die Trasse selbst verläuft hier in Dammlage. Das Gelände fällt nach Osten hin ab. Die Örtlichkeit sowie der Umfang der Baumaßnahme können den Anlagen 1 und 2 entnommen werden. Die Fotos der Anlage 3 vermitteln einen Eindruck des Baugeländes.

4 Baugrundaufschlüsse und Laborversuche

Zur Feststellung der Baugrundverhältnisse wurden im Zeitraum vom 22.05. bis 14.08.2017 folgende Erkundungsmaßnahmen durchgeführt:

- 6 Handschürfe zur Sicherstellung der Kabel- und Leitungsfreiheit,
- 2 Kernbohrungen (BK 1 und BK 2) mit Tiefen von 14,0 m und 15,0 m u. GOK,
- 3 Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 3) mit Tiefen bis zu 10,0 m u. GOK,
- 4 Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 4) mit Tiefen bis 20,0 m u. GOK,
- 3 horizontale Kernbohrung (KB 1, KB 3 und KB 4) mit Längen bis zu 2,2 m,
- 1 um 48° geneigte Kernbohrung (KB 2) mit einer Länge von 1,0 m,
- Entnahme von 37 gestörten Boden- und Felsproben aus Bohrkernen,

- 3 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122,
- 1 Kombinierte Sieb-Schlämmanalyse nach DIN 18123.

Die Erkundungspunkte wurden entsprechend den Gegebenheiten vor Ort festgelegt und lage- und höhenmäßig eingemessen. Sie können dem Lageplan der Anlage 2 entnommen werden. Als Höhenbezugspunkt dienten die Schienenoberkante (SO) sowie zwei Kanaldeckel (KD 1, 247,6 mNN und KD 2, 248,3 mNN). Die Aufschlüsse wurden fotografiert (Anlage 3), beprobt und nach boden- und felsmechanischen Gesichtspunkten angesprochen. In den Anlagen 4 und 8 sind die Ergebnisse der Felderkundung graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Laborversuche können der Anlage 5 entnommen werden. Die Lage und Ganglinie der Grundwassermessstellen ist in der Anlagen 6 aufgeführt. Ein Vorschlag für die Einteilung von Homogenbereichen ist in der Anlage 7 dargestellt. Die Anlage 8 enthält einen ingenieurgeologischen Längsschnitt.

5 Baugrundverhältnisse

5.1 Regionale Geologie

Nach der geologische Karte des Schwarzwaldes [1] besteht der tiefere Untergrund im Erkundungsgebiet aus Sedimentgesteinen des Mitteljuras.

5.2 Erdbebengefährdung

Die Erdbebengefährdung wird nach DIN 4149:2005-04 beurteilt. Nach dieser Norm sowie nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg [1] liegt das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 1. Somit ist der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung mit a_g = 0,4 m/s^2 anzusetzen. Des Weiteren ist der Baugrund der Untergrundklasse R sowie der Baugrundklasse C zuzuordnen.

5.3 Bodenart und Schichtenfolge

Die angetroffenen Baugrundverhältnisse können zu den folgenden drei Schichten bzw. Schichtkomplexen zusammengefasst werden:

1. **Bahndamm: Tone (T),**
2. **Straßenkoffer: Kiese (G), Sande (S)**
3. **Untergrund: Sande (S), Schluffe (U)**
4. **Tieferer Untergrund: Tone (T)**

Die Rammkernsondierungen RKS 1 und RKS 2 wurden im Gleisbett auf dem Bestandsdamm ausgeführt. Unter einer ca. 1,0 m mächtigen Gleisschotterschicht wurden bis in eine Tiefe von ca. 3,4 m u. SO (RKS 1) bzw. ca. 4,8 m u. SO (RKS 2) Tone mit variierenden Anteilen an Sand und Schluff in Grau- und Brauntönen angetroffen. Die Konsistenz war am Tag der Erkundung weich bis steif. Gemäß DIN 18196 sind die Tone der Bodengruppe TL und TA und gemäß DIN 18300 den Bodenklassen 4 bis 5 (je nach Konsistenz) zuzuordnen.

Die Rammkernsondierung RKS 3 und die Kernbohrungen BK 1 und BK 2 wurden im Gehwegbereich der Reutebachgasse durchgeführt. An diesen Erkundungspunkten wurden Schwarzdecken mit Mächtigkeiten von bis zu ca. 18 cm angetroffen. Darunter graue bis graubraune Auffüllungen aus Kiesen und Sanden mit starken Sand- bzw. Kiesanteilen sowie Steinanteilen. Zudem wurde in der Bohrung BK 1 eine 50 cm mächtige Stein-/Blocklage angetroffen. Die Fremdbestandteile der aufgefüllten Schichten umfassen Schwarzdecken-, Ziegel-, Beton-, und Sandsteinbruch. Die Lagerungsdichte ist anhand der Ergebnisse der Rammsondierung am Erkundungspunkt RKS 3 als sehr

locker bis locker zu bewerten. Gemäß DIN 18196 sind die Kiese und Sande den Bodengruppen GI und SI und gemäß DIN 18300 den Bodenklassen 4 bis 6 (je nach Steinanteil) zuzuordnen. Die Steine und Blöcke sind gemäß DIN 18300 der Bodenklasse 6 bis 7 zuzuordnen.

In Tiefen bis zu ca. 14,4 m u. SO (BK 2) wurde der Untergrund, bestehend aus braunen Sanden und Schluffen mit variierenden Anteilen von Kies, Sand, Schluff und Ton sowie teileweise Steinanteilen erkundet. Die Konsistenz bzw. Lagerungsdichte anhand der Ergebnisse der Rammsondierung der Sande variiert zwischen weich bis steif bzw. locker bis mitteldicht. Die Konsistenz der Schluffe war am Tag der Erkundung steif bis fest. Gemäß DIN 18196 sind die Sande und Schluffe den Bodengruppen SI, SU, SU*, ST*, UL und UM und gemäß DIN 18300 den Bodenklassen 3 bis 6 (je nach Steinanteil) zuzuordnen.

Ab einer Tiefe von ca. 13,1 m u. SO wurde der tiefere Untergrund in Form von grauen bis braunen Tonen erkundet. Teilweise wurden Nebenbestandteile in Form von Kies und Sand und Steinen angetroffen. Die Konsistenz der Tone war am Tag der Erkundung weich bis fest. Gemäß DIN 18196 sind die Tone den Bodengruppen TL und TM und gemäß DIN 18300 den Bodenklassen 4 bis 6 (je nach Steinanteil und Konsistenz) zuzuordnen.

Am südlichen Widerlager wurden die Kernbohrungen KB 1 (horizontal) und KB 2 (48° geneigt) durch das Bestandswiderlager hindurch ausgeführt. An der nordwestlichen Flügelwand wurde die Kernbohrung KB 3 (horizontal) durch die Flügelwand und am nördlichen Widerlager die Kernbohrung KB 4 (horizontal) durch das Bestandswiderlager durchgeführt.

Durch die Kernbohrung KB 1 (horizontal), wie auch KB 2 (48° geneigt) wurde ein ca. 0,8 m mächtiges Sandsteinmauerwerk mit rot / grauer Färbung entlang der Bohrachse erkundet. Dahinter liegt bis in eine Länge von ca. 1,0 m eine graubraune Hinterfüllung aus Kies mit sandigem Anteil. Die KB 3 (horizontal) durch die nordwestliche Flügelwand weist eine ca. 0,18 m mächtige Betonschicht und darauf folgendes rot/graues Sandsteinmauerwerk das bis ca. 2,0 m entlang der Bohrachse auf. Danach folgt bis in eine Länge von ca. 2,20 m brauner Schluff mit kiesigen und sandigen Anteilen. Der Bohrkern der KB 4 (horizontal) durch das nördliche Bestandswiderlager zeigt bis in eine Länge von ca. 0,8 m entlang der Bohrachse rotgrauen Sandstein. Danach bis in ca. 2,0 m Länge folgt roter Sandstein mit grauem Beton.

5.4 Bodenkennwerte

Anhand der Erkundungsergebnisse und aufgrund von Erfahrungen wurden die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Bodenkennwerte festgelegt. Die Werte bilden eine Grundlage für erdstatische Berechnungen und Nachweise.

Tabelle 1: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen

Schichtkomplex	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Konsistenz/ Lagerungsdichte	Wichte, erdfeucht (unter Auftrieb) $\gamma(\gamma')$ [kN/m³]	Wirksamer Reibungswinkel φ'_k [°]	Wirksame Kohäsion c'_k [kN/m²]	Steifemodul E_s [MN/m²]
Tone	TON, tlw. kiesig, tlw. schwach sandig bis stark sandig, tlw. mit Steinen	TL	4 - 6	weich	19 (9)	27,5	2	3
				steif	20 (10)	27,5	15	5
				halbfest	21 (11)	27,5	25	10
			6	fest	22 (12)	30,0	35	20
	TON	TM	4	halbfest	20 (10)	25,0	30	8
	TON, schwach sandig	TA	5	steif	18 (8)	20,0	30	3
Schluffe	SCHLUFF, stark kiesig, sandig, bzw. tonig	UL	4	steif	19 (9)	30,0	5	5
				halbfest	20 (10)	30,0	10	15
			6	fest	21 (11)	32,5	15	20
	SCHLUFF, schwach sandig, tonig	UM	4	halbfest	19 (9)	27,5	15	12
Sande	SAND, schwach kiesig bis kiesig	SI	3	mitteldicht	20 (11)	37,5	0	75
	SAND, schwach kiesig bis kiesig, schwach schluffig, tlw. mit Steinen	SU	3 - 6	mitteldicht	20 (11)	32,5	0	40
	SAND, mit variierenden Anteilen an Kies, Schluff und Ton, tlw. mit Steinen	SU*	4 - 6	weich	19 (9)	30,0	0	8
				steif	20 (10)	30,0	(2)	20
				locker	19 (10)	27,5	0	10
				mitteldicht	20 (11)	30,0	(1)	30
	SAND, schwach kiesig bis kiesig, tonig bis stark tonig	ST*	4	weich	18 (8)	27,5	(5)	5
Kiese / Steine	KIES, schwach sandig	GI	3	sehr locker	18 (9)	35,0	0	20
				locker	19 (10)	37,5	0	50
	STEINE / BLOECKE	--	5 - 6	-	19 (11)	40,0	0	150

Für Hinterfüllungen, Arbeitsraumverfüllungen, Geländeauffüllungen, Bodenaustausch o. ä. ist ein geeignetes Bodenmaterial der Verdichtbarkeitsklasse V1 zu verwenden. Ein evtl. einzubauender Ersatzboden hat die Kriterien der Tabelle 2 zu erfüllen. Recyclingmaterial kann, wenn es den Anforderungen entspricht und chemisch unbedenklich ist, verwendet werden.

Tabelle 2: Spezifische Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe nach DIN 18196	nichtbindige, grobkörnige Böden (GW, GI, SW, SI)
Schlämmkornanteil (d ≤ 0.063 mm)	≤ 5 Gew. %
Steinanteil (d ≥ 63 mm)	≤ 10 Gew. %
Größtkorndurchmesser d_{max}	≤ 100 mm, max. 1/3 der Schüttlagenhöhe
Glühverlust V_{Gl}	≤ 3 Gew. %
Proctordichte ρ_{Pr}	≥ 1800 kg/m³
Einbau und Verdichtung	lagenweise
Schütthöhe:	≤ 30 cm
Wichte erdfeucht γ	18 - 21 kN/m³
wirksamer Reibungswinkel φ'_k	32,5 - 35°
wirksame Kohäsion c'_k	(0 kN/m²)

5.5 Hydrogeologische Verhältnisse

Bei den Erkundungsarbeiten im Zeitraum vom 22.05. bis 14.08.2017 wurde in den Bohrungen BK 1 und BK 2 Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Es wurden teileingespiegelte Wasserstände zwischen ca. 240,12 mNN (ca. 13,81 m u. SO, BK 1) und ca. 239,49 mNN (ca. 14,44 m u. SO, BK 2) gemessen. Auf Basis der gemessenen Wasserstände sowie den Ganglinien der vorhandenen Grundwassermessstellen (siehe Anlage 6) empfehlen wir einen Bemessungswasserstand auf Höhe der Fahrbahnoberkante der Reutebachgasse (ca. 248,0 mNN) anzusetzen.

Die im tiefen Untergrund anstehenden feinkörnigen Böden (Tone) können als schwach durchlässig ($k_f = 10^{-8}$ - 10^{-6} m/s) bis sehr schwach durchlässig ($k_f < 10^{-8}$ m/s) eingestuft werden.

Es muss während der Baumaßnahme grundsätzlich mit einem witterungsbedingten Zutritt von Schicht- und Oberflächenwasser gerechnet werden. Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Wasser- bzw. Quellenschutzgebieten [3].

5.6 Homogenbereiche

Entsprechend dem Planungsstand erfolgt der Vorschlag einer Einteilung in Homogenbereiche für das Gewerk Erdarbeiten nach DIN 18300:2015-08 (Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten) und in das Gewerk Bohrarbeiten nach DIN 18304:2015-08 (Bohrungen jeder Art, Neigung und Tiefe). Die in den Anlagen und im Text beschriebenen Bodenschichten werden dabei anhand der bodenmechanischen Eigenschaften sowie der zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung bekannten bautechnischen Belange eingeteilt. Grundlage sind die durchgeführten Feldversuche, die Ansprache vor Ort sowie die Erfahrungen des Gutachters. Wir weisen darauf hin, dass die in der Anlage 7 angegeben Bodenklassen der Orientierung dienen sollen. Der Vorschlag der Einteilung der Homogenbereiche kann den Anlagen 4 und 7 entnommen werden.

6 Gründungsempfehlungen

6.1 Allgemeine Angaben

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung stand die Ausführung der Gründung des neuen Brückenbauwerks nicht endgültig fest. Im Folgenden werden daher Angaben für den Ersatzneubau der Bestandswiderlager in Form von Flachgründungen sowie für eine alternative Tiefgründung mittels Pfählen gemacht.

6.2 Flachgründung der Brückenwiderlager

Auf Basis der vorliegenden Bestandsunterlagen wurde für den Fall der Ausführung einer Flachgründung von einer geschätzten Fundamentlänge von ca. 15,0 m und einer Einbindetiefe von ca. 0,8 m unter GOK (bezogen auf OK Fahrbahn) ausgegangen. Die Gründungssohle käme damit in den locker gelagerten, stark schluffigen Sanden zu liegen. Diese Böden sind als Auflager nicht geeignet. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit und zur Vergleichmäßigung der Bettungsverhältnisse empfehlen wir daher einen Bodenaustausch mit Material gemäß Tabelle 2 vorzunehmen.

Unter Zugrundelegung einer frostfreien Einbindetiefe von 0,8 m und einer Fundamentlänge von ca. 15,0 m sowie einer Variation der Fundamentbreite zwischen 3,0 m und 5,0 m ergeben sich für eine Bodenaustauschmächtigkeit von 1,0 m die zulässigen charakteristischen Bodenpressungen σ_{zul} und Bettungsmoduli $k_{s,k}$ in Abhängigkeit der rechnerischen Setzungen s_{cal} nach Tabelle 3.

Tabelle 3: Bodenpressungen σ_{zul} und Bettungsmoduli $k_{s,k}$ in Abhängigkeit der rechnerischen Setzung s_{cal} für verschiedene Fundamentabmessungen und einen Bodenaustausch von 1,0 m

Fundamentbreite b [m]	rechnerische Setzung s_{cal} [cm]	zul. Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ [kN/m²]	Bettungsmodul $k_{s,k}$ [MN/m³]
3,0	1,0	120	12,0
	2,0	160	8,0
4,0	1,0	115	11,5
	2,0	150	7,5
5,0	1,0	110	11,0
	2,0	140	7,0

Die angegebenen zulässigen Bodenpressungen sind im Sinne der DIN 1054 zu interpretieren, d. h. sie gelten für effektive Fundamentbreiten (b bzw. b' = b – 2e) und vertikal, zentrisch belastete Fundamente. Zwischenwerte für Fundamentbreiten, die nicht ausgewiesen sind, können linear interpoliert werden. Eine Extrapolation ist nicht zulässig.

6.3 Gründung des Bauwerks auf Bohrpfählen

Als Alternative zu einer reinen Flachgründung käme aus unserer Sicht eine Bauweise mittels einer Tiefgründung auf Bohrpfählen in Frage. Gemäß EA-Pfähle sollen Bohrpfähle im Lockergestein mindestens 2,5 m in den tragfähigen Baugrund einbinden. Außerdem soll die Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unter den Pfahlfußflächen mindestens 3 Pfahlersatzfußdurchmesser bzw. mindestens 1,5 m betragen. Bei der Bemessung von Bohrpfählen können nach EA Pfähle und nach unserer Erfahrung die in Tabelle 4 aufgeführten charakteristischen Mantelreibungen verwendet werden. Die angegebenen Werte gelten für Einzelpfähle. Ist der Abstand der Pfahlachsen im Bereich der Krafteintragungslänge ≤ 3 D, so ist eine Gruppenwirkung zu berücksichtigen.

Tabelle 4: Charakteristische Pfahlmantelreibungen und Pfahlspitzendrücke von Bohrpfählen

Tiefe [mNN]	$q_{b,k}$ [kN/m²]			$q_{s,k}$ [kN/m²]
	$s/D_b = 0,02$	$s/D_b = 0,03$	$s/D_b = 0,1$ (s_g)	
250,5 - 239,6	100	200	400	30
239,6 - 233,6	50	100	300	30

Die Wahl von geeigneten Maschinen, insbesondere für das Herstellen der Pfähle, ist Aufgabe der ausführenden Firma. Hierfür sind die Ergebnisse der Baugrunderkundungen maßgebend, so dass der ausführenden Firma die Baugrundgutachten im Rahmen der Auftragsvergabe zur Verfügung gestellt werden müssen. Die gültigen Normen, Richtlinien und Bestimmungen, insbesondere der EC 7 und die EA-Pfähle, sind zu beachten.

6.4 Baugruben und Arbeitsraumverfüllung

Für die Herstellung des geplanten Überführungsbauwerks sind gegebenenfalls Baugruben erforderlich. Diese können entweder verbaut oder geböscht hergestellt werden. Im Falle einer verbauten Baugrube ist zur Begrenzung der Verformung der Verbau im Bereich von Bebauung, Verkehrsflächen, Leitungen oder Ähnlichem auf erhöhten aktiven Erddruck zu bemessen. Gemäß DIN 4124 können bauzeitliche Baugrubenböschungen bei Böschungshöhen < 5,0 m mit einem Böschungswinkel von 45° (nichtbindige oder weiche bindige Böden), bzw. 60° (steife oder halbfeste bindige Böden) hergestellt werden. Zum Schutz bindiger Böden gegen Witterungsein-flüsse wird empfohlen die Böschungen abzudecken (z. B. mit Folie). Bei Böschungshöhen von mehr als 5,0 m ist die Standsicherheit nach DIN EN 1997 (EC 7) in Verbindung mit der DIN 1054 rechnerisch nachzuweisen. Für den Fall, dass im Bereich der Böschungen Erschütterungen z. B. aus Ramm- oder Verdichtungsarbeiten auftreten, die die Standsicherheit gefährden können, ist die Standsicherheit ebenfalls gesondert nachzuweisen. Erfahrungsgemäß sind hierzu deutlich geringere Böschungsneigungen erforderlich.

Zur Wiederverfüllung der Arbeitsräume sind die anstehenden feinkörnigen Böden aus geotechnischer Sicht nicht geeignet. Für die Arbeitsraumverfüllung ist ein Kies-Sand-Gemisch (entsprechend Tabelle 2) mit einer guten Kornabstufung und Verdichtbarkeit zu verwenden. Zur Erzielung einer dauerhaften Filterstabilität zwischen anstehenden bindigen Böden und Verfüll- bzw. Austauschmaterial wird der Einbau eines Geotextils (GRK 3) empfohlen. Die Hinweise zur Bauausführung sind zu beachten.

Im Fall von verbaut hergestellten Baugruben kommen hierfür z. B. Spundwände in Frage. Für die Bemessung und Ausführung von Spundwänden sind insbesondere die „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“ (EAB) zu beachten. Die Spundbohlen sind in den tragfähigen Boden einzubinden. Hierfür ist der Nachweis zur Abtragung der Vertikalkräfte zu führen. Bei der Planung und Durchführung der Arbeiten sind die Anforderungen der jeweils gültigen Normen, Vorschriften, Richtlinien und Merkblätter insbesondere der „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“ (EAB) und der „Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle“ (EA-Pfähle) zu beachten.

6.5 Wasserhaltung

Im Untersuchungsgebiet wurde im Erkundungszeitraum Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Die Aushubsohlen der Widerlager liegen voraussichtlich oberhalb des Grund- bzw. Schichtwasserhorizonts. Für das Herstellen der Baugruben ist somit ein nicht wasserdichter Verbau (z.B. Trägerbohlverbau) ausreichend. Weitere Maßnahmen zur Grundwasserhaltung und Sohlsicherung sind damit entbehrlich.

Es muss jedoch während der gesamten Bauzeit mit dem Zutritt von Oberflächen- und Niederschlagswasser gerechnet werden. Es ist daher die Möglichkeit zu schaffen, anfallendes Wasser mit Hilfe eines Pumpensumpfes in der Baugrube zu sammeln und abzuleiten.

Die Planung der Wasserhaltung (Zusammenstellung der erforderlichen Geräte und Werkzeuge, Aufbau, Anzahl, Anordnung und Ausbau von Brunnen bzw. Pumpensümpfe, Erosionsschutz, etc.) obliegt dem bauausführenden Auftragnehmer und muss in Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen (Wasserrechtsantrag).

Die Planung der notwendigen Wasserhaltung (Zusammenstellung der erforderlichen Geräte und Werkzeuge, Aufbau, Anzahl, Anordnung und Ausbau von Brunnen bzw. Pumpensümpfen etc.) obliegt dem bauausführenden Auftragnehmer. Das Einbringen der Verbauten sowie die Ableitung des anfallenden Oberflächenwassers unterliegen ggf. einer behördlichen Genehmigungspflicht (Wasserrechtsantrag) durch die zuständige Behörde.

7 Allgemeine Hinweise zur Bauausführung

Die einzelnen Bodenschichten bzw. Schichtkomplexe sind getrennt auszuheben (Farbänderungen und Veränderungen der Kornzusammensetzungen sind zu beachten) und zu verwerten bzw. zu entsorgen.

Während der Bauarbeiten muss grundsätzlich mit dem Antreffen von Schicht- bzw. Grund- sowie mit Oberflächenwasser gerechnet werden. Es ist die Möglichkeit zu schaffen, anfallendes Restwasser mit Hilfe eines Pumpensumpfes in der Baugrube zu sammeln und abzuleiten.

Um beim Aushub eine Auflockerung der Aushubsohle zu vermeiden, empfehlen wir zum Beräumen der Sohle den Einsatz zahnloser Baggerlöffel. Das Planum ist mit geeignetem Gerät zu verdichten. Das Verdichtungsverfahren, das Verdichtungsgerät und die Verdichtungsleistung sind an die jeweilige Bodenart anzupassen. Bei den hier erwarteten bindigen Böden sollte nach unserer Einschätzung auf eine dynamische Verdichtung verzichtet werden. Ein Einbau von Böden muss nach den Verdichtungsanforderungen der gültigen Normen und Vorschriften erfolgen. Zur Kontrolle der Verdichtungsarbeiten sind Eigenüberwachungsprüfungen vorzusehen. Bei der Durchführung sämtlicher Arbeiten sind die Anforderungen der gültigen Normen, Vorschriften und Richtlinien zu beachten. Hinsichtlich Erdaushub-, Planierungs- und Verdichtungsarbeiten wird für die die Bahnlinie querende Straße auf die ZTVE-StB hingewiesen, für die Hinterfüllung des Bauwerks auf die Ril 836.0504.

Anstehende bindigen Böden müssen gegen witterungsbedingte Einflüsse, z. B. durch Abdecken mit geeigneten Mitteln, geschützt werden. Durch ungünstige Witterungsverhältnisse vor und/oder während der Baumaßnahme können bindige Böden im Untergrund stärker aufgeweicht sein, als bei der Erkundung angetroffen. Bei unsachgemäßer Handhabung ist es möglich, dass anstehende bindige Böden nach einer Aufweichung der Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten) zugeordnet werden müssen.

Baugeräte und Maschinen sind den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Die Wahl von geeigneten Maschinen ist Aufgabe der ausführenden Firma. Hierfür sind die Ergebnisse dieser Erkundung den Baufirmen im Rahmen der Angebotsanfrage zur Verfügung zu stellen.

Wir weisen darauf hin, dass für eine Verwertung bzw. Entsorgung von anfallendem Bodenaushub umwelttechnische Untersuchungen (Probenahme und Deklarationsanalysen) erforderlich sind. Sollte Bodenaushub anfallen, so ist dieser in Haufwerken zu maximal 250 m^3 bereitzustellen. Diese sind durch das Abdecken mit Planen fachgerecht vor Witterungseinflüssen zu schützen. Dementsprechende Positionen (bereitstellen, abdecken, erneutes Laden, Transport zur Verwertungs-/Entsorgungsstelle des AG, etc.) sind ins LV aufzunehmen. Ist der Aushub abgeschlossen, können die

Haufwerke nach den gültigen Richtlinien und Vorschriften durch einen Sachverständigen beprobt und untersucht werden. Umwelttechnische Untersuchungen sollten durch den Bauherrn oder einen durch ihn beauftragten Sachverständigen erfolgen und nicht Teil der Ausschreibung sein. Für die Beprobungen und Untersuchungen ist ein Zeitraum von mindestens 15 Tagen einzuplanen.

8 Schlussbemerkungen

Für die geplante Erneuerung der Eisenbahnüberführung der Strecke 4000 bei km 205,091 wurden durch das Ingenieurbüro augeon GmbH & Co. KG Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Anhand der Untersuchungsergebnisse, der Geländeaufnahme und der zur Verfügung stehenden Unterlagen wurde dieses geotechnische Gutachten ausgearbeitet. Darin werden Angaben zu Boden- und Schichtenverhältnissen gemacht.

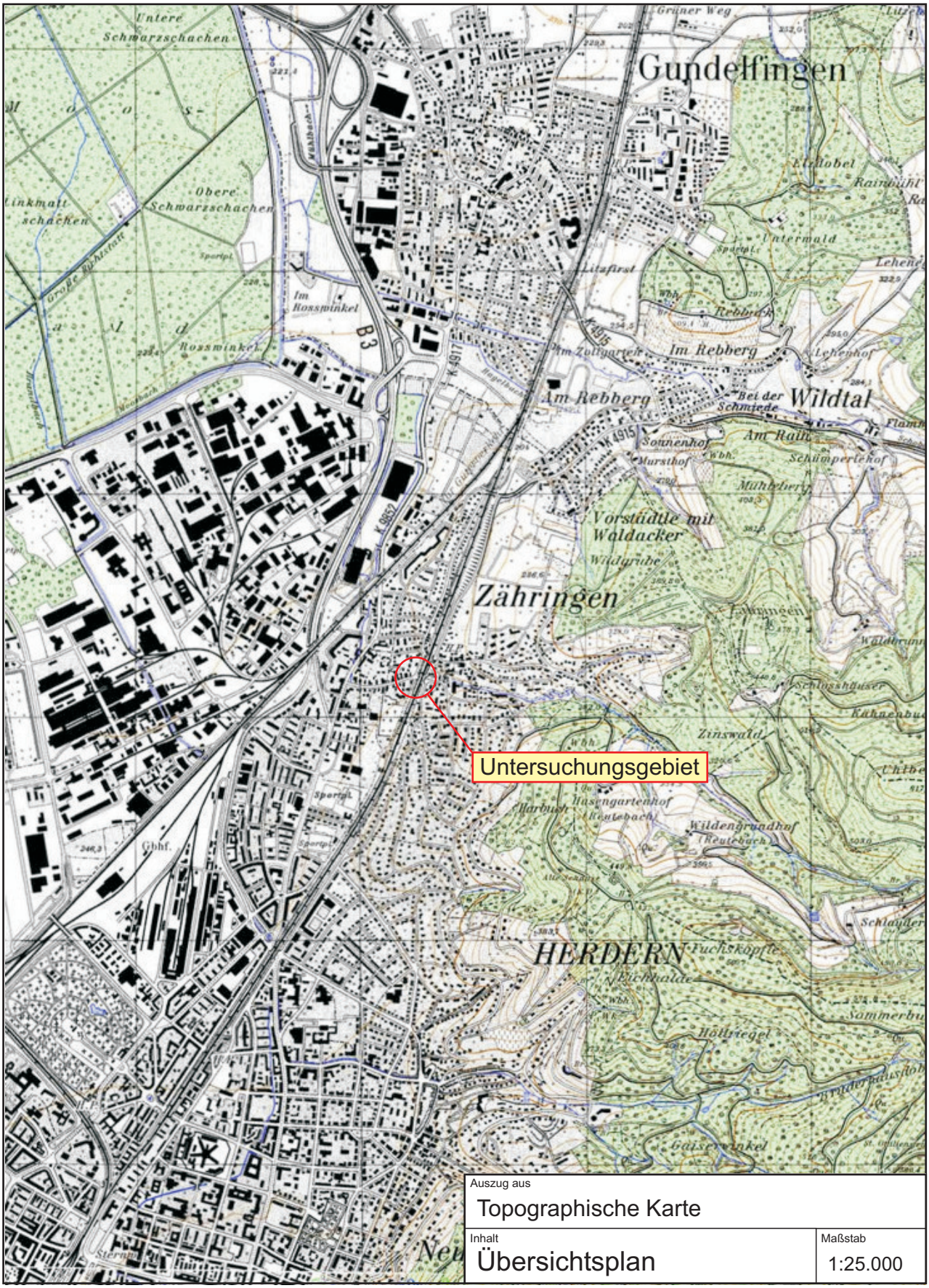
Die angegebenen Empfehlungen besitzen nur für die geplante Baumaßnahme Gültigkeit. Aufgrund sich verändernder Schichtmächtigkeiten, Bodenverhältnisse und hydrologischer Randbedingungen sind die Ergebnisse auf andere Lokationen nicht ohne weitere Überprüfung übertragbar. Prinzipiell sind Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und -ausbildung zwischen bzw. außerhalb der Aufschlusspunkte nicht auszuschließen.

Die in diesem Gutachten genannten Wertungen und Empfehlungen erfolgten unter Zugrundelegung entsprechender Regeln, Richtlinien und Merkblätter. Die Entscheidungen über die Notwendigkeit und Realisierung der Empfehlungen sowie die weitere Vorgehensweise bleiben im vorliegenden Fall den Aufsichts- und Fachbehörden, ggf. in Rücksprache mit dem Bauherrn / AG, vorbehalten.

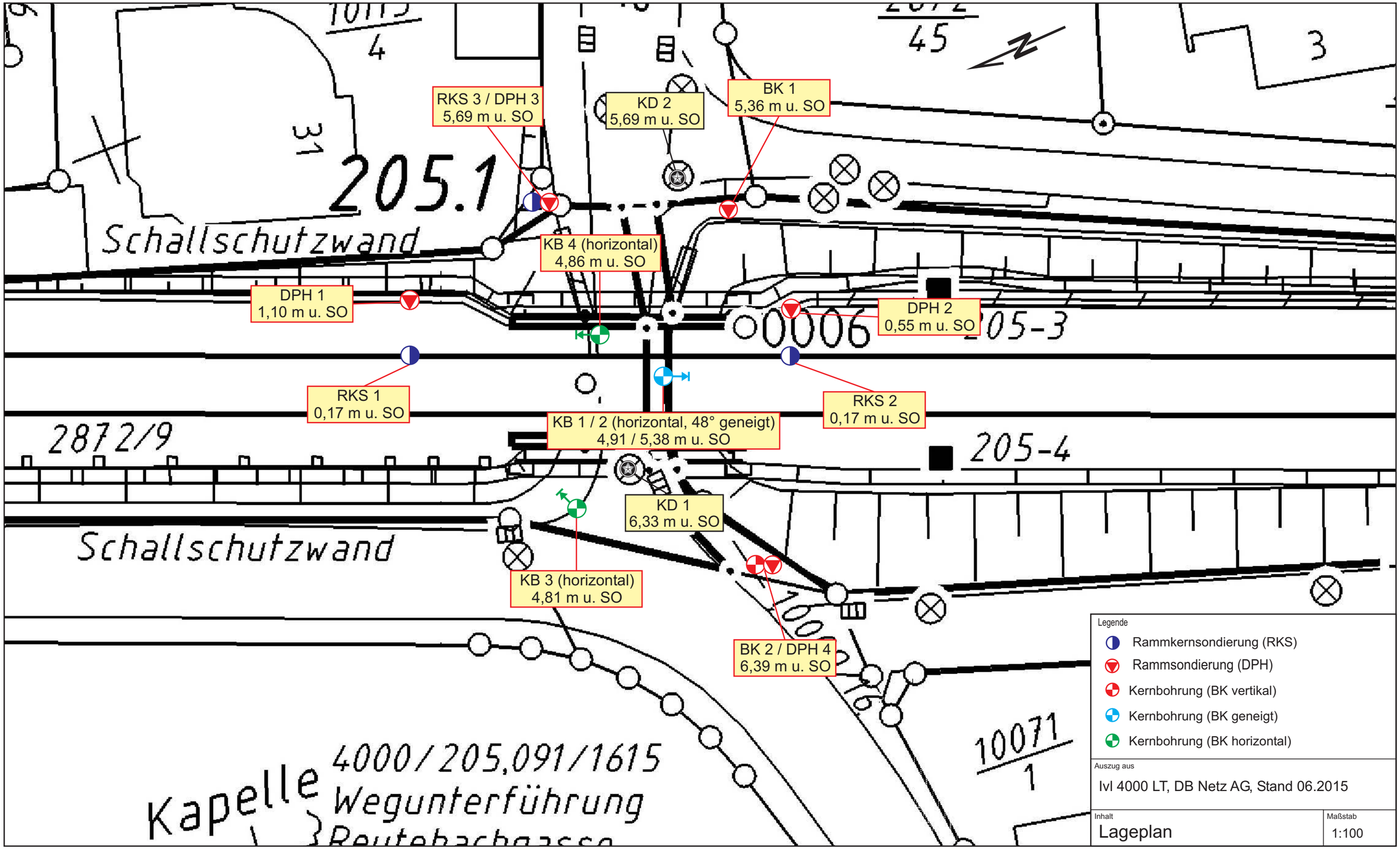
Das Gutachten besitzt nur in seiner Gesamtheit Gültigkeit. Bei auftretenden Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Dr.-Ing. Holger Wienbroer
(Geschäftsführer)

Sebastian Bruckschlögl, B.Sc.
(Projektleiter)



Auszug aus		
Topographische Karte		
Inhalt	Maßstab	
Übersichtsplan	1:25.000	


RKS 3 / DPH 3
5,69 m u. SO
KD 2
5,69 m u. SO
BK 1
5,36 m u. SO
KB 4 (horizontal)
4,86 m u. SO
DPH 1
1,10 m u. SO
DPH 2
0,55 m u. SO
RKS 1
0,17 m u. SO
RKS 2
0,17 m u. SO
KB 1 / 2 (horizontal, 48° geneigt)
4,91 / 5,38 m u. SO
KD 1
6,33 m u. SO
KB 3 (horizontal)
4,81 m u. SO
BK 2 / DPH 4
6,39 m u. SO
Schallschutzwand
Schallschutzwand
205.1
205-3
205-4
2872/9
10071
1
4000 / 205,091 / 1615
Wegunterführung
Reutebachgasse
Kapelle
Legende
Rammkernsondierung (RKS)
Rammsondierung (DPH)
Kernbohrung (BK vertikal)
Kernbohrung (BK geneigt)
Kernbohrung (BK horizontal)
Auszug aus
Ivl 4000 LT, DB Netz AG, Stand 06.2015
Inhalt
Lageplan
Maßstab
1:100

Fotodokumentation



Foto 1: Übersicht bei BK 1



Foto 2: Übersicht bei BK 2



Foto 3: Übersicht bei RKS 3



Foto 4: Vorschacht bei RKS 3 mit Aushub



Foto 5: Übersicht bei KB 2



Foto 6: Übersicht bei KB 3



Foto 5: Übersicht bei RKS 1



Foto 6: Übersicht bei RKS 2



Foto 7: Kernkisten der BK 1



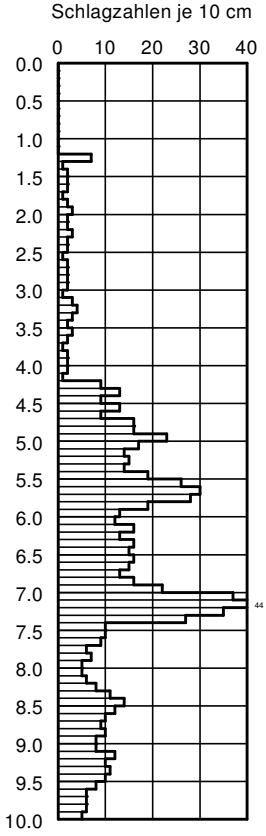
Foto 8: Kernkisten der BK 2

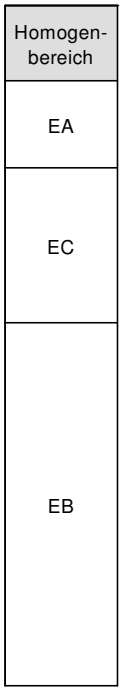
Weitere Fotos befinden sich auf beiliegender CD.

Bohrprofile und Rammdiagramme - M. 1:100

DPH 1

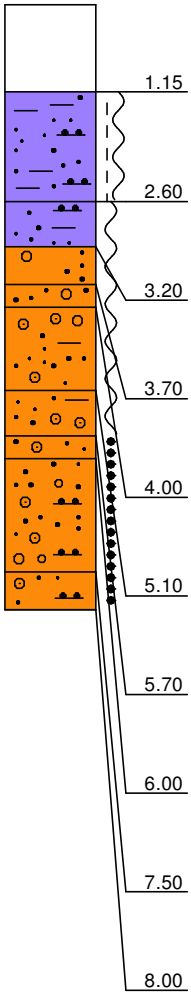
1,10 m u. SO





RKS 1

0,17 m u. SO



GLEISSCHOTTER

1.15 TON,
schwach sandig, schluffig,
weich-steif, grau, [TL]

2.60 TON,
schwach sandig, schluffig,
weich, grau, [TL]

3.20 SAND,
schwach kiesig, stark tonig,
weich, graubraun, [ST*]

3.70 SAND,
schwach kiesig, tonig,
weich, braun, [ST*]

4.00 SAND,
kiesig, stark tonig,
weich, graubraun, [ST*]

5.10 SAND,
schwach kiesig, stark tonig,
weich, graubraun, [ST*]

5.70 SAND,
kiesig, schluffig,
mitteldicht, rotbraun, [SU*]

6.00 SAND,
kiesig, schwach schluffig,
mitteldicht, rotbraun, [SU]

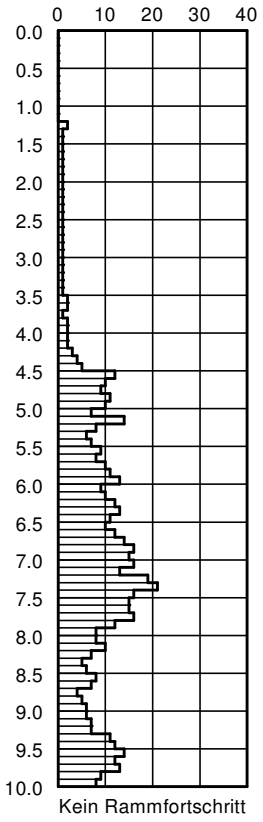
7.50 SAND
kiesig, schluffig, mit Steinen,
mitteldicht, rotbraun, [SU*]

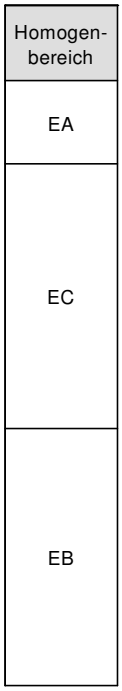
8.00

[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

DPH 2

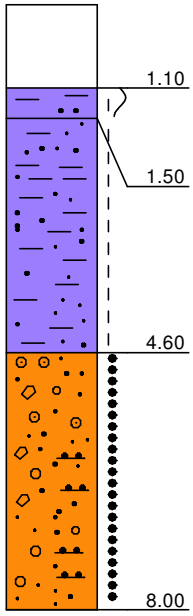
0,55 m u. SO





RKS 2

0,17 m u. SO



GLEISSCHOTTER

TON,
sandig,
weich-steif, graubraun, [TL]

TON,
schwach sandig,
steif, hellbraun (TA)

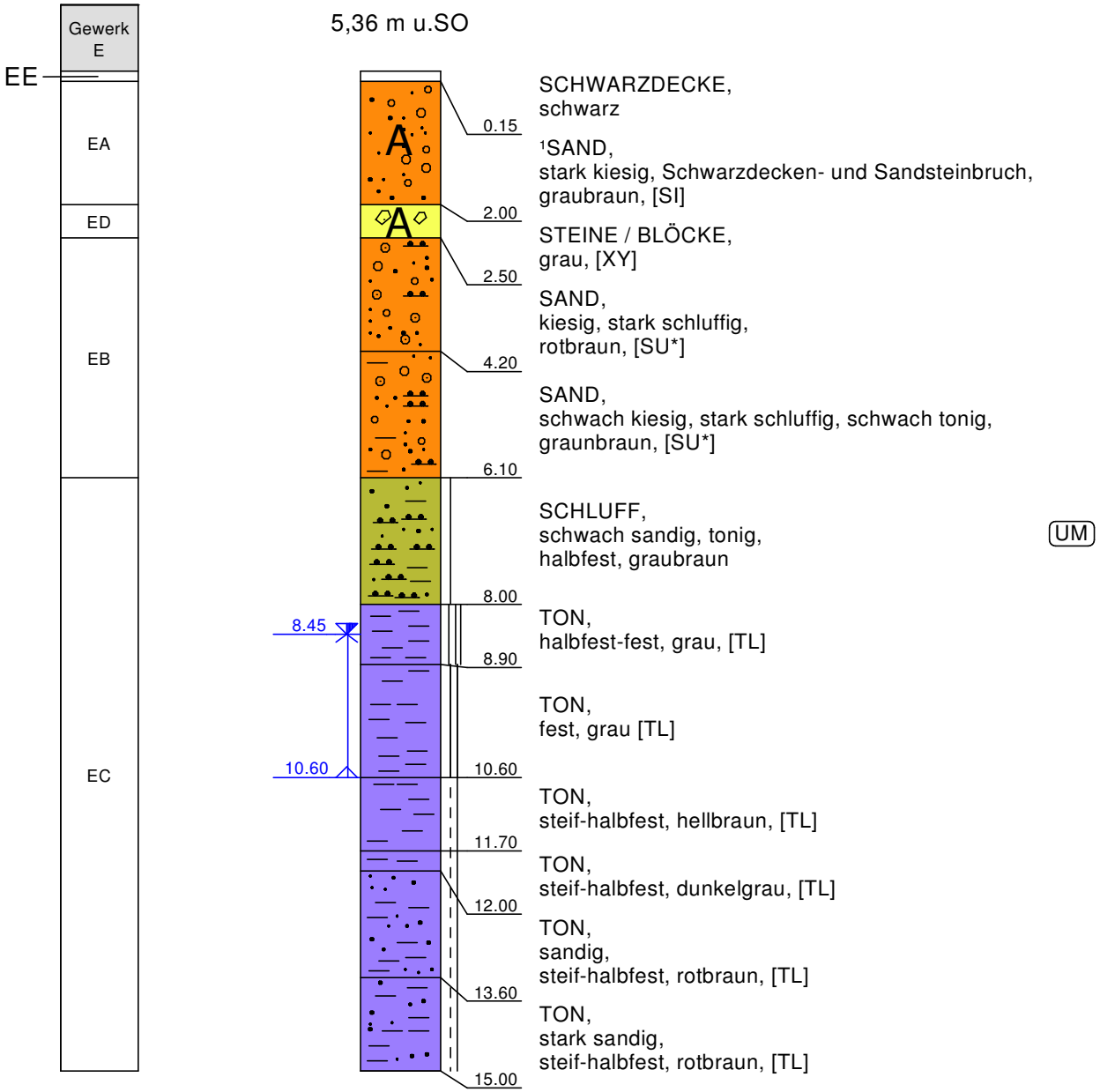
SAND,
schwach kiesig, schwach schluffig,
mit Steinen,
mitteldicht, braun, [SU]

[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

Kernbohrungen - M. 1:100

BK 1

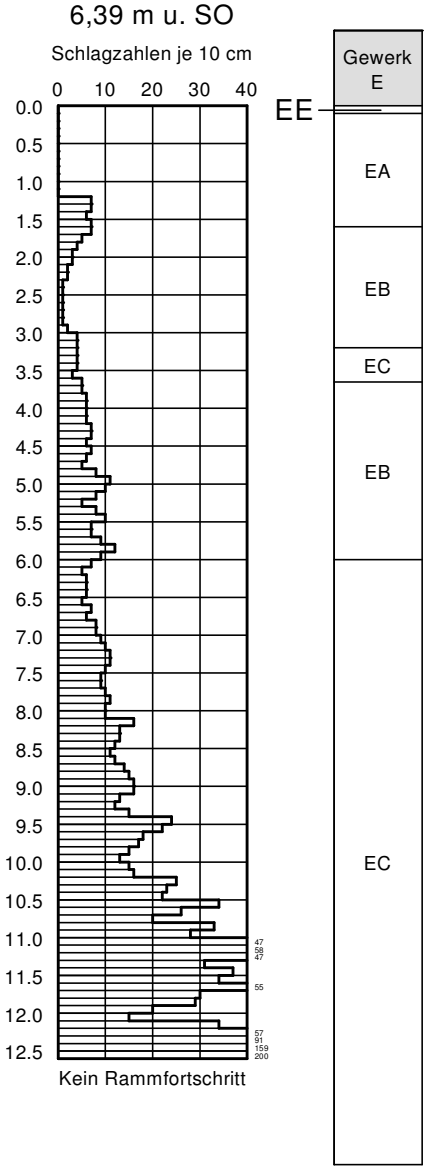
5,36 m u.SO



[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor
1 Boden mit Fremdbestandteilen

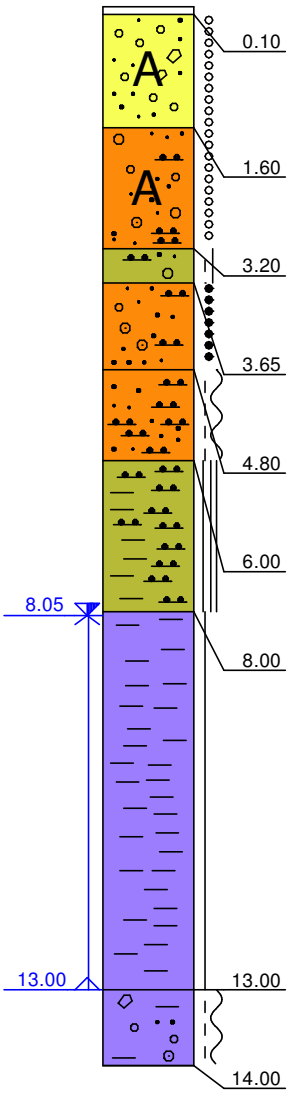
DPH 4

6,39 m u. SO



BK 2

6,39 m u.SO



SCHWARZDECKE,

[1]KIES,
stark sandig, mit Steinen,
Schwarzdecken- und Betonbruch,
locker, grau, [GI]

[1]SAND,
kiesig, schluffig, Sandsteinbruch,
locker, graubraun, [SU*]

SCHLUFF,
stark kiesig, sandig,
steif-halbfest, graubraun, [UL]

SAND,
schwach kiesig, schluffig,
mitteldicht, rotbraun, [SU*]

SAND,
stark schluffig,
weich-steif, braun, [SU*]

SCHLUFF,
tonig,
halbfest-fest, braun, [UL]

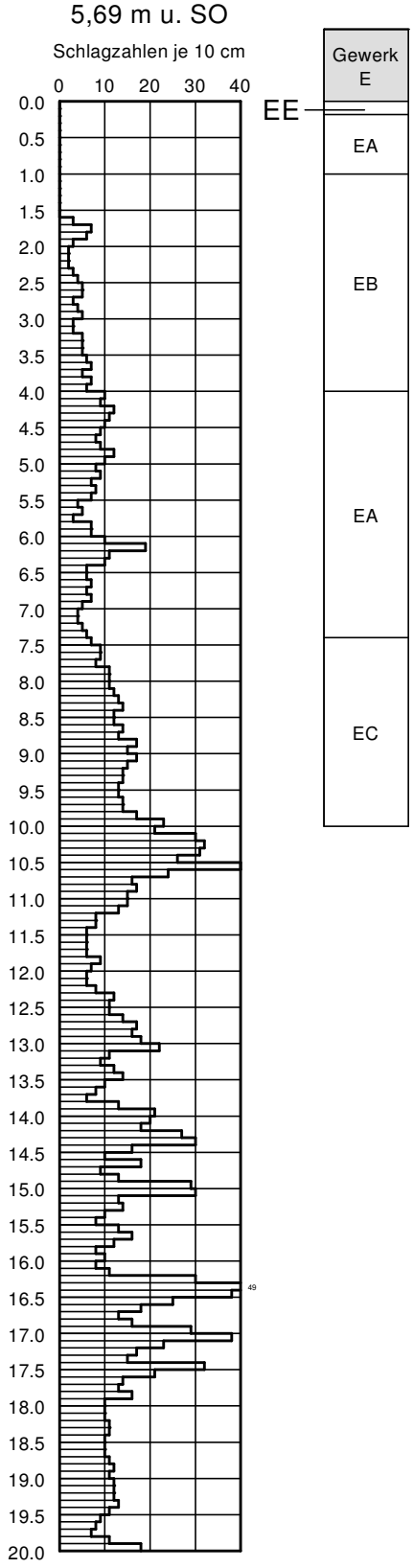
TON,
halbfest, grau (TM)

TON,
kiesig, sandig, mit Steinen,
weich-steif, grau, [TL]

[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor
1 Boden mit Fremdbestandteilen

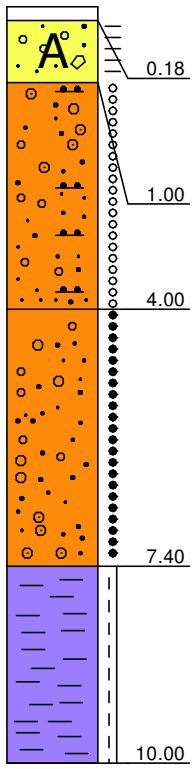
DPH 3

5,69 m u. SO



RKS 3

5,69 m u.SO



SCHWARZDECKE,
schwarz

[1]KIES,
stark sandig, mit Steinen,
Schwarzdecken- und Ziegelbruch,
sehr locker, graubraun, [GI]

SAND,
kiesig, schluffig,
locker, hellbraun, [SU*]

SAND,
kiesig,
mitteldicht, hellbraun (SI)

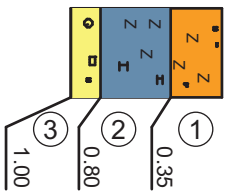
TON,
steif-halbfest, grau, [TL]

[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor
1 Boden mit Fremdbestandteilen

Kernbohrprofile - M. 1:50

KB 1 (horizontal)

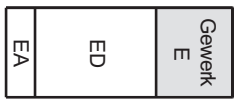
4,91 m u.SO



① SANDSTEINMAUERWERK, rot/grau

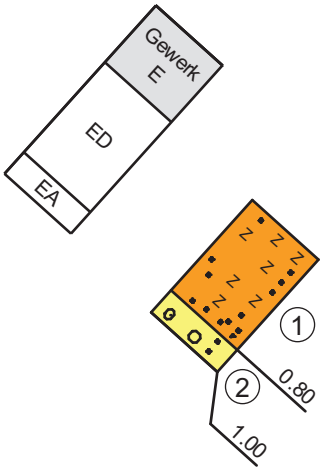
② KALKSTEINMAUERWERK, hellgrau

③ KIES, (Hinterfüllung) sandig, graubraun, [Gl]



KB 2 (48° geneigt)

5,38 m u.SO



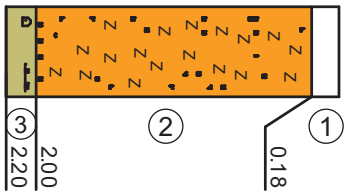
① SANDSTEINMAUERWERK, rotgrau

② KIES, (Hinterfüllung) sandig, graubraun, [Gl]

[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

KB 3 (horizontal)

4,81 m u.SO



① BETON, grau

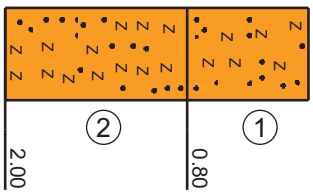
② SANDSTEIN/MAUERWERK rot/grau,

③ SCHLUFF, kiesig, sandig, braun, [UL]



KB 4 (horizontal)

4,86 m u.SO



① SANDSTEIN, rotgrau

② SANDSTEIN / BETON, rot/grau,



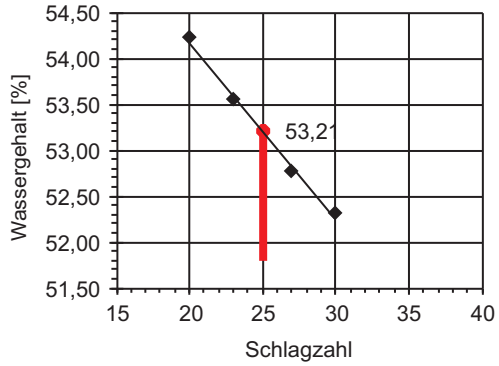
[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.073	Entnahmestelle:	RKS 2
Labornummer:	5320	Tiefe [m]:	1,50 - 4,60
Ausgf. durch:	Bür	Bodengruppe:	**TA**
Datum:	23.05.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	22.05.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				**Ausrollgrenze**		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	43	44	45	46	20	21	22
Zahl der Schläge	30	27	23	20			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	26,79	27,60	28,20	29,06	11,75	12,11	14,96
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	21,02	20,17	21,79	22,12	10,71	11,05	13,85
Behälter m_B [g]	9,99	6,09	9,82	9,32	6,71	6,98	9,59
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	5,77	7,43	6,41	6,94	1,04	1,06	1,11
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	11,03	14,08	11,97	12,8	4	4,07	4,26
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	52,31	52,77	53,55	54,22	26,00	26,04	26,06

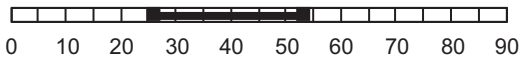


Wassergehalt w = **30,56**

Fließgrenze w_L = **53,21**

Ausrollgrenze w_P = **26,03**

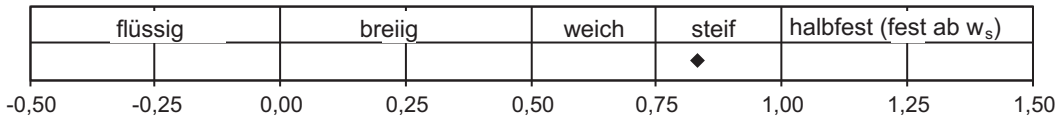
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)



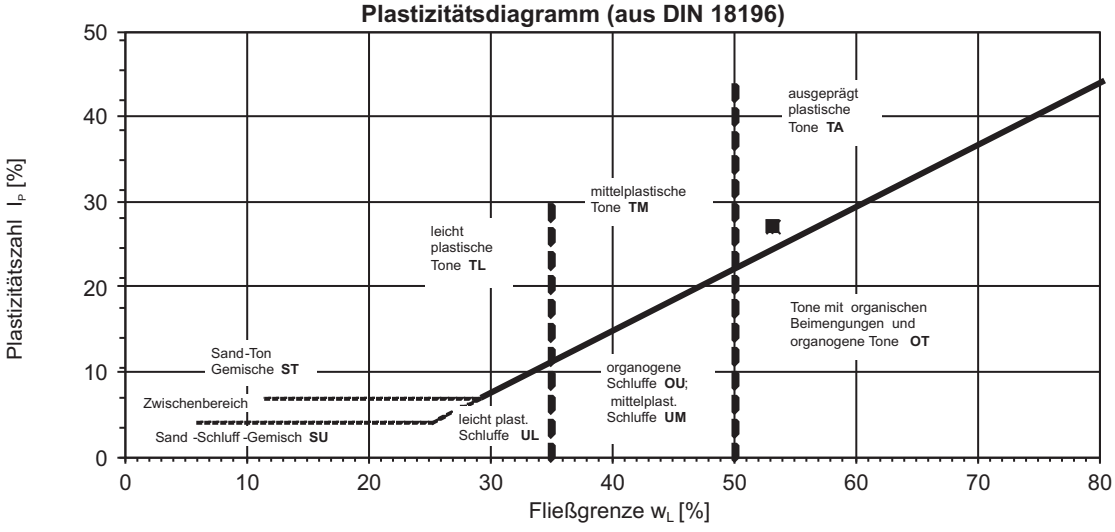
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 27,179$

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P = 0,833$

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)



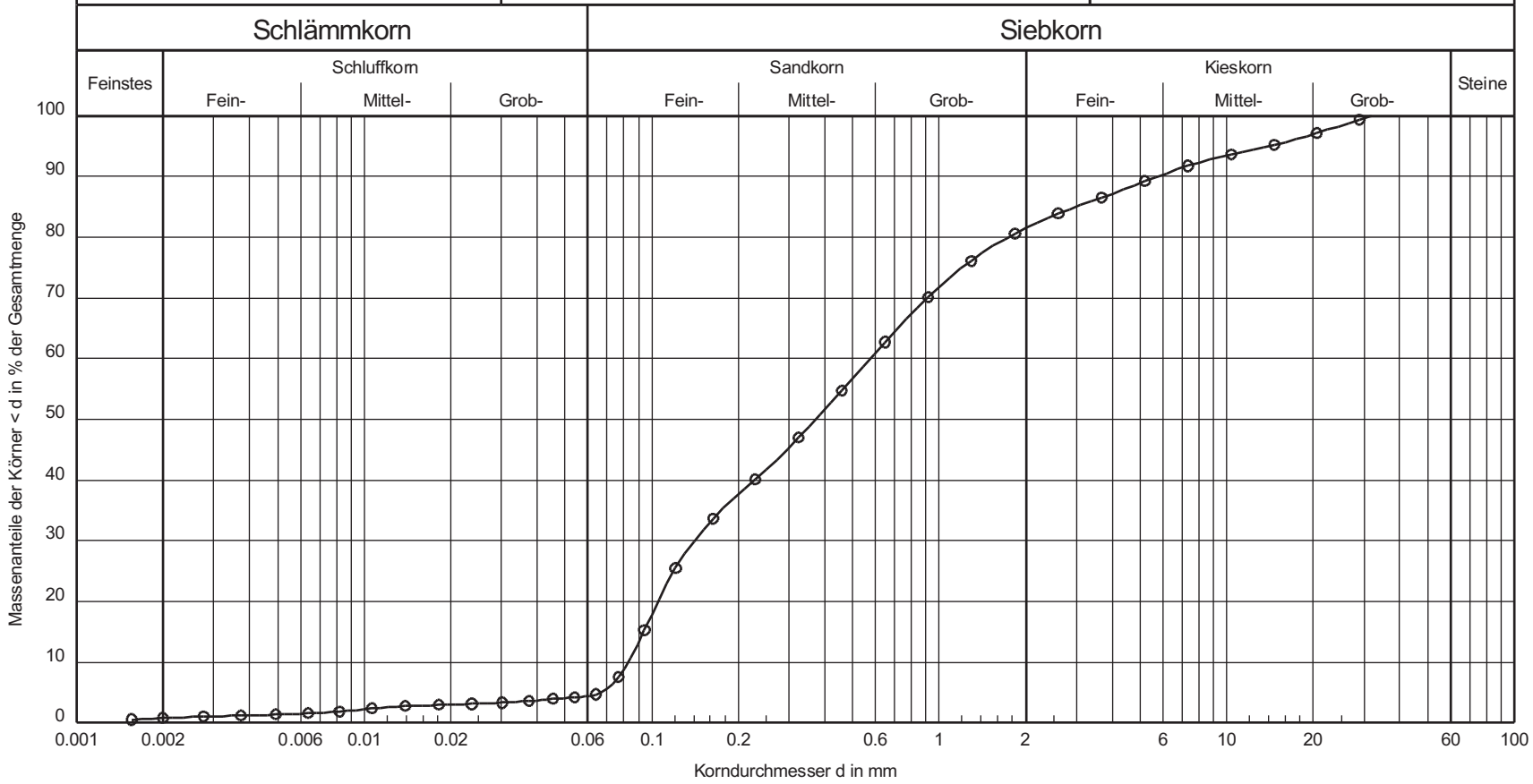
Körnungslinie (DIN 18123)

Datum: 26.09.2017

Bearbeiter: Vol

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung und Sedimentation



Labornummer:	5534
Entnahmestelle:	RKS 3
Tiefe [m]:	4,00 - 7,40
Bodenart:	S, g
T/U/S/G [%]:	0.8/3.8/76.9/18.5
U/Cc:	7.0/0.4
k [m/s] (nach Beyer):	$5.5 \cdot 10^{-5}$
Signatur:	
Bodengruppe:	SI
Frostempfindlichkeitsklasse:	F1

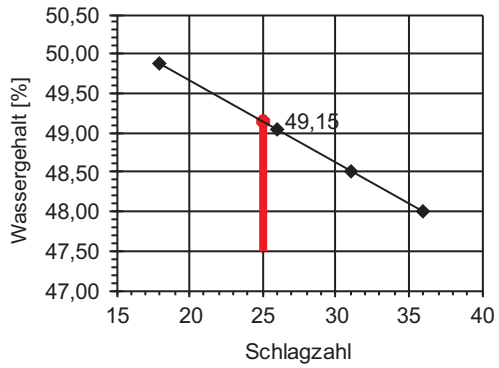
Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr: 17K.073
Labornummer: 5536
Ausgf. durch: Vol Datum: 25.09.17

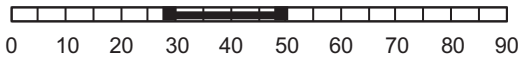
Entnahmestelle: BK 1
Tiefe [m]: 6,10 - 8,00
Bodengruppe: **UM**
Entnahmeart: gestört
Entnahme am: 14.08.17
durch: Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	147	123	131	129	146	145	142
Zahl der Schläge	18	26	31	36			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	32,98	33,02	31,47	30,83	21,47	22,68	20,41
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	26,62	26,92	25,76	25,32	19,84	20,81	18,88
Behälter m_B [g]	13,87	14,48	13,99	13,84	14,16	14,28	13,61
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	6,36	6,10	5,71	5,51	1,63	1,87	1,53
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	12,75	12,44	11,77	11,48	5,68	6,53	5,27
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	49,88	49,04	48,51	48,00	28,70	28,64	29,03



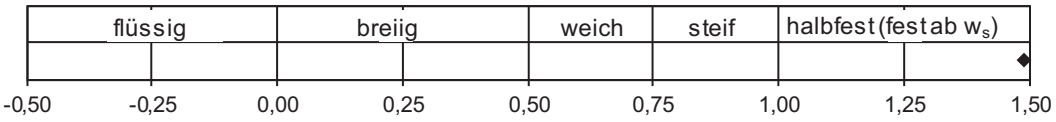
Wassergehalt w = **18,79**
Fließgrenze w_L = **49,15**
Ausrollgrenze w_P = **28,79**

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

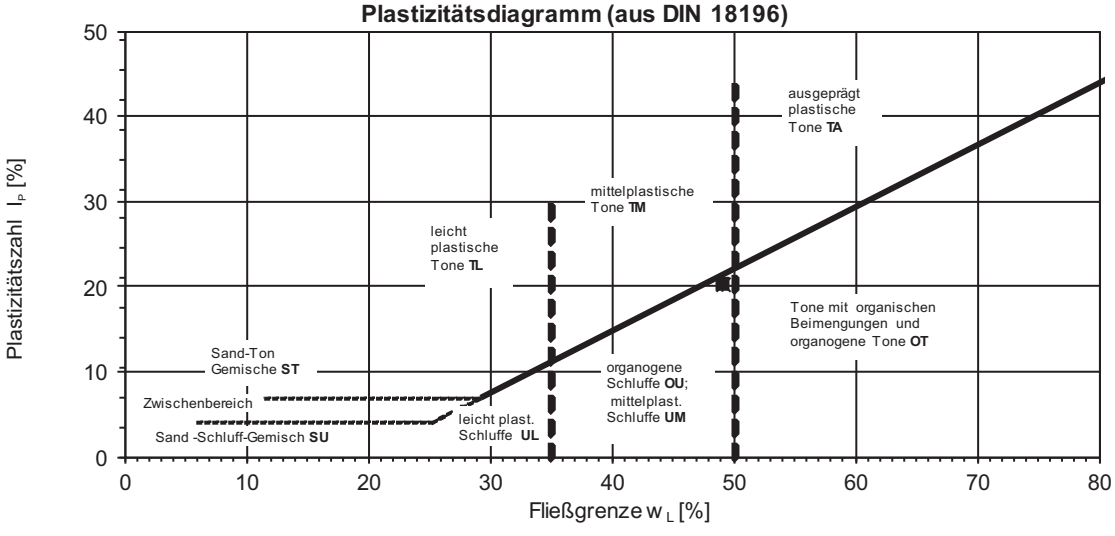


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 20,356$
Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P = 1,491$

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)

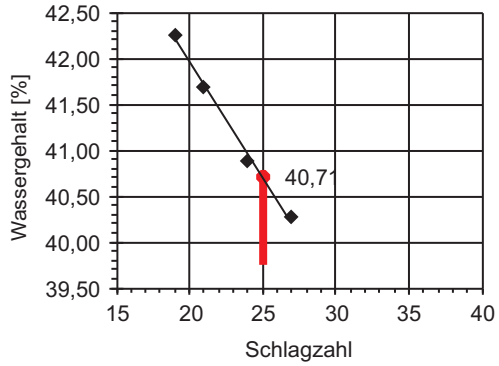


Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.073	Entnahmestelle:	BK 2
Labornummer:	5537	Tiefe [m]:	8,00 - 13,00
Ausgf. durch:	Vol	Bodengruppe:	**TM**
Datum:	26.09.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	14.08.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	56	57	58	68	62	50	63
Zahl der Schläge	19	21	24	27			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	19,94	19,59	21,61	22,22	15,87	17,06	16,92
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	15,93	15,50	17,22	17,67	14,29	15,32	15,21
Behälter m_B [g]	6,44	5,69	6,48	6,37	6,45	6,62	6,63
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	4,01	4,09	4,39	4,55	1,58	1,74	1,71
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	9,49	9,81	10,74	11,3	7,84	8,7	8,58
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	42,26	41,69	40,88	40,27	20,15	20,00	19,93



Wassergehalt w = **14,11**

Fließgrenze w_L = **40,71**

Ausrollgrenze w_P = **20,03**

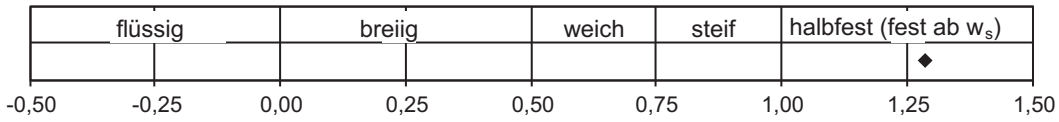
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)



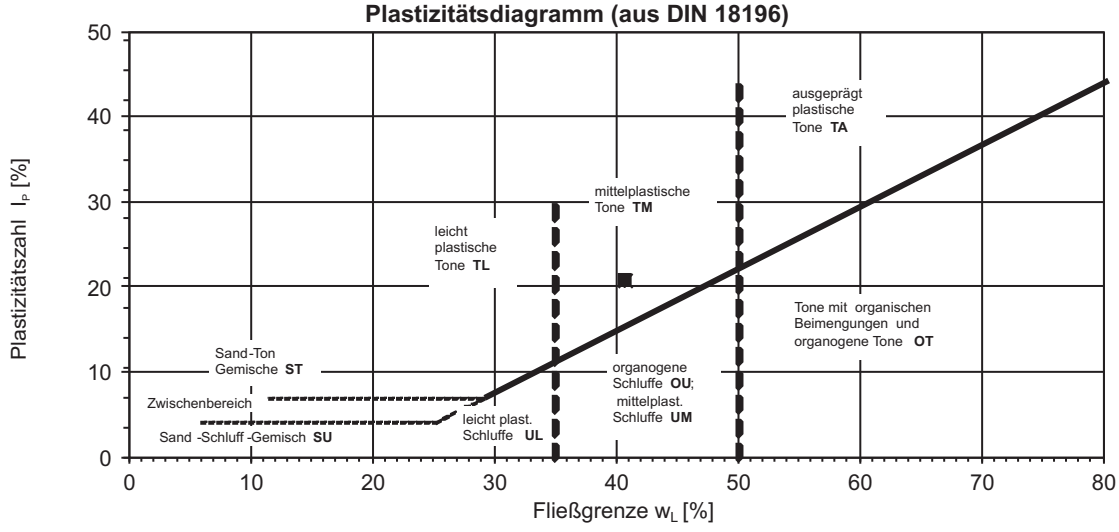
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 20{,}681$

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P = 1{,}286$

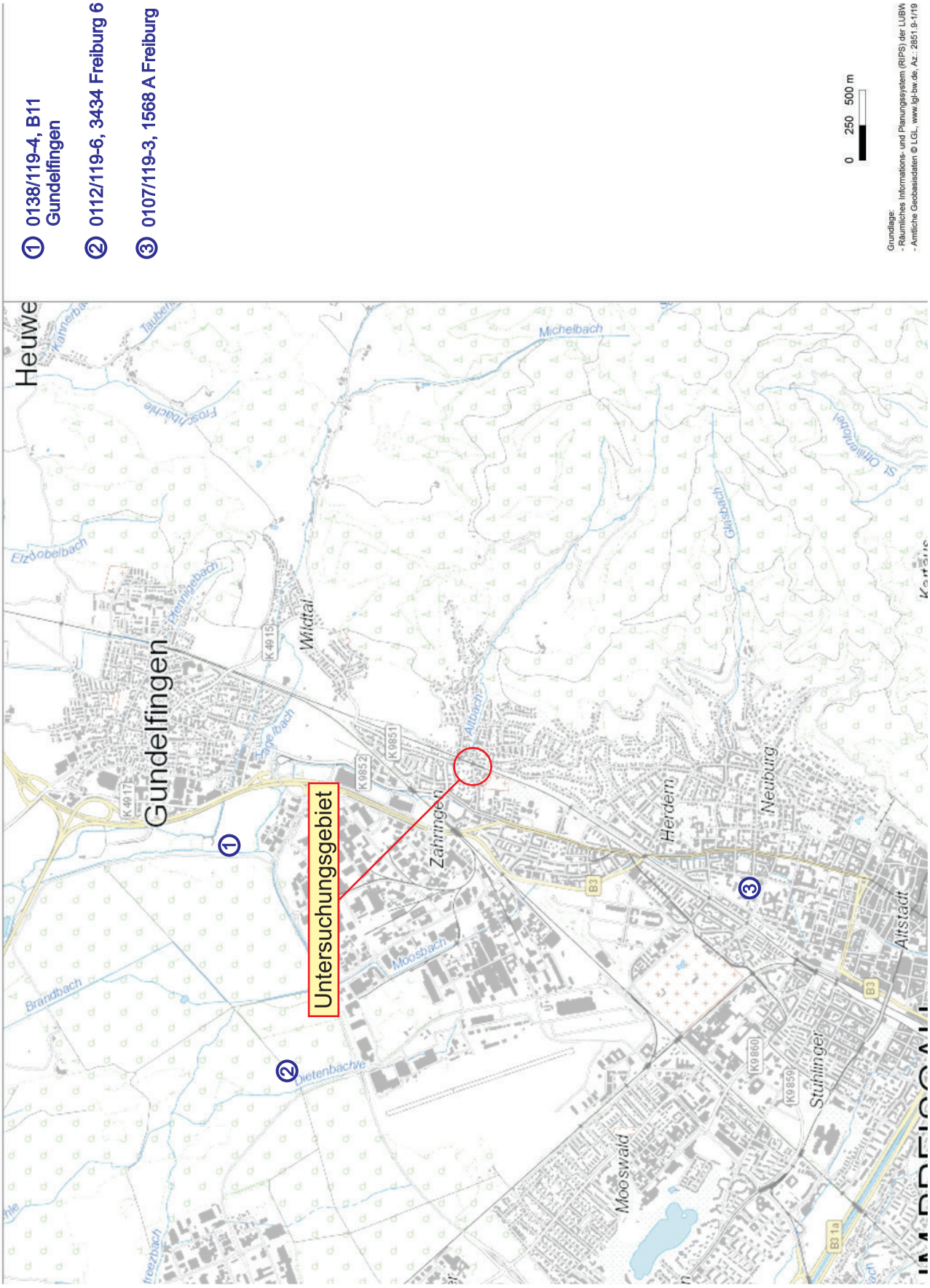
Zustandsform



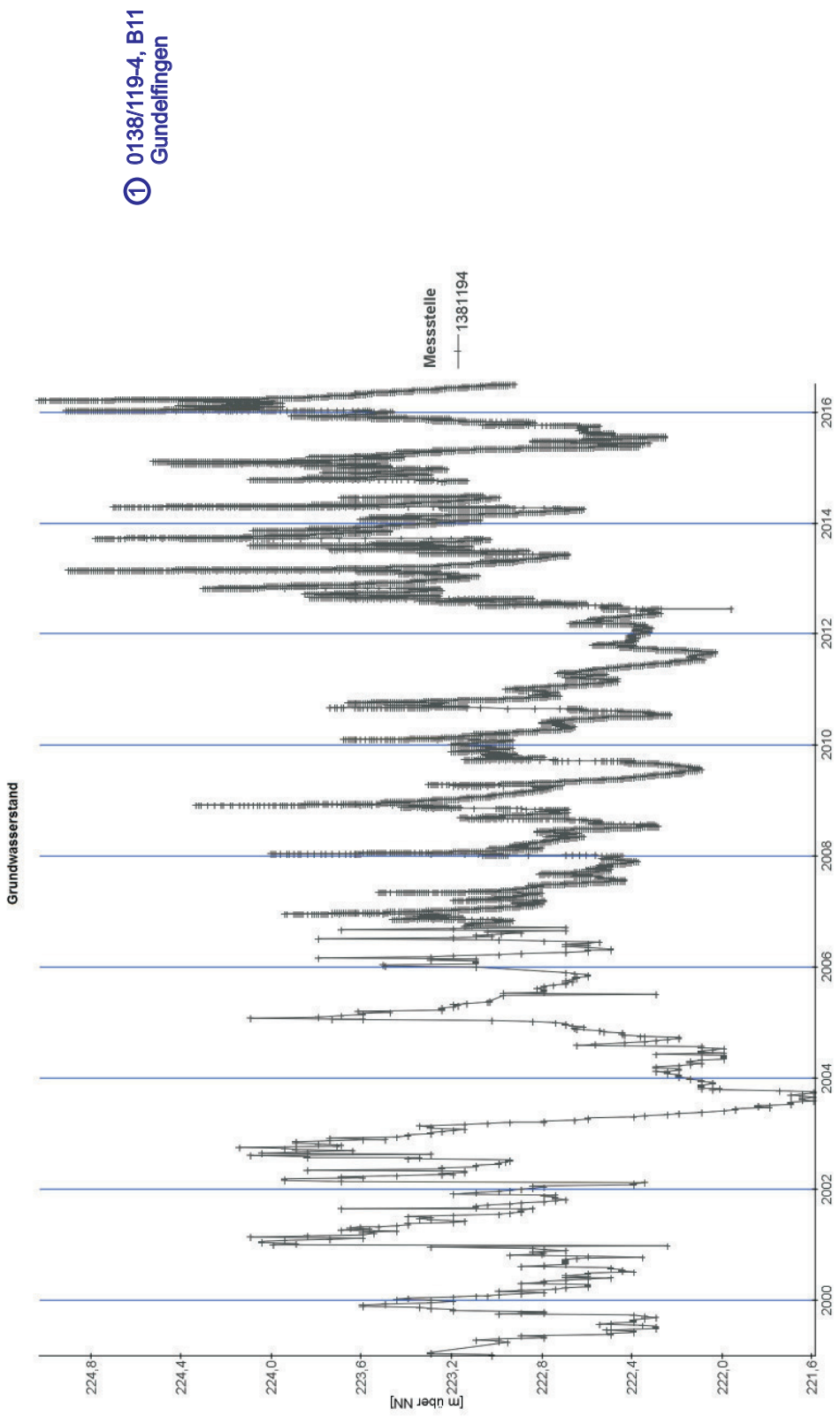
Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)



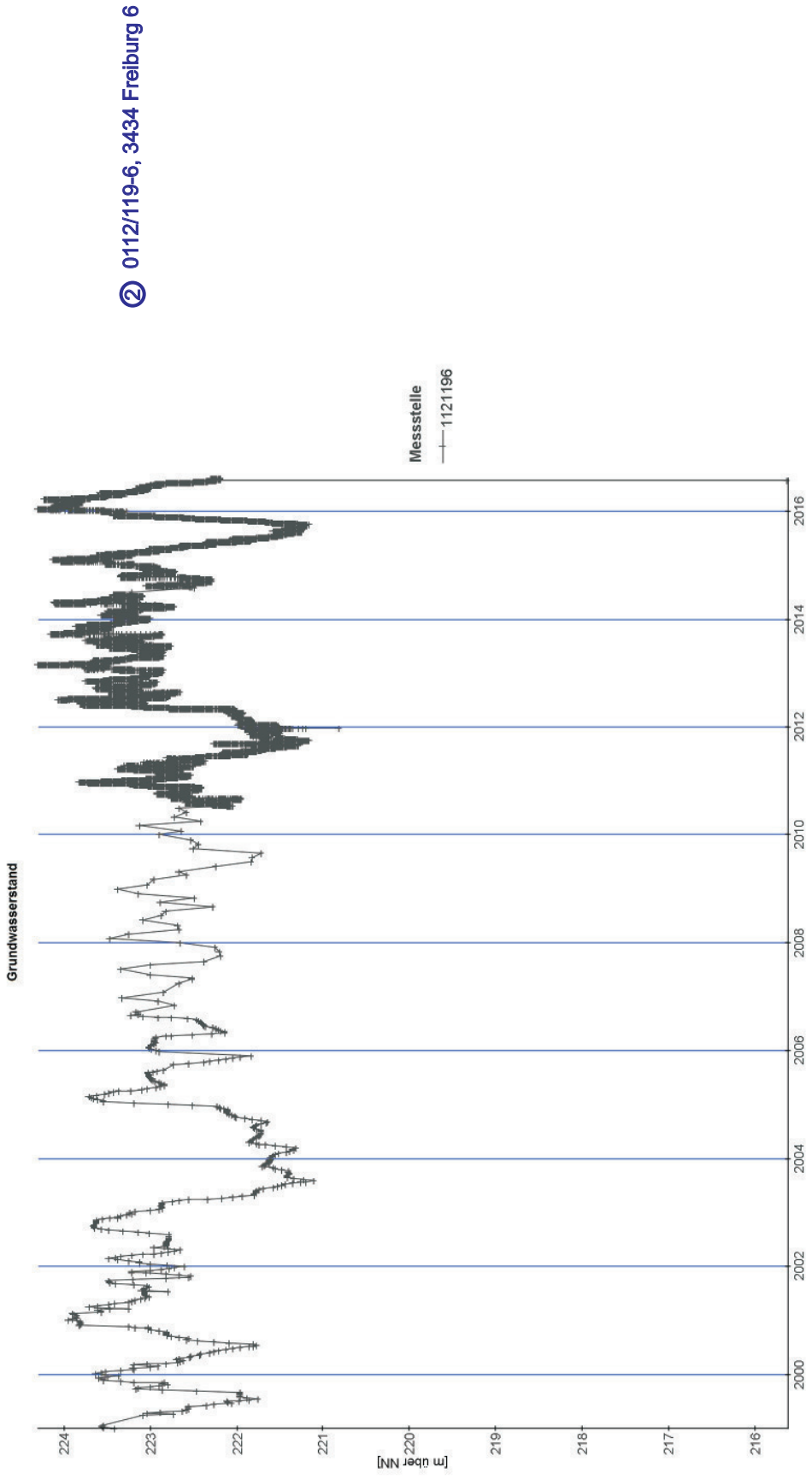
Lage der Grundwassermessstellen



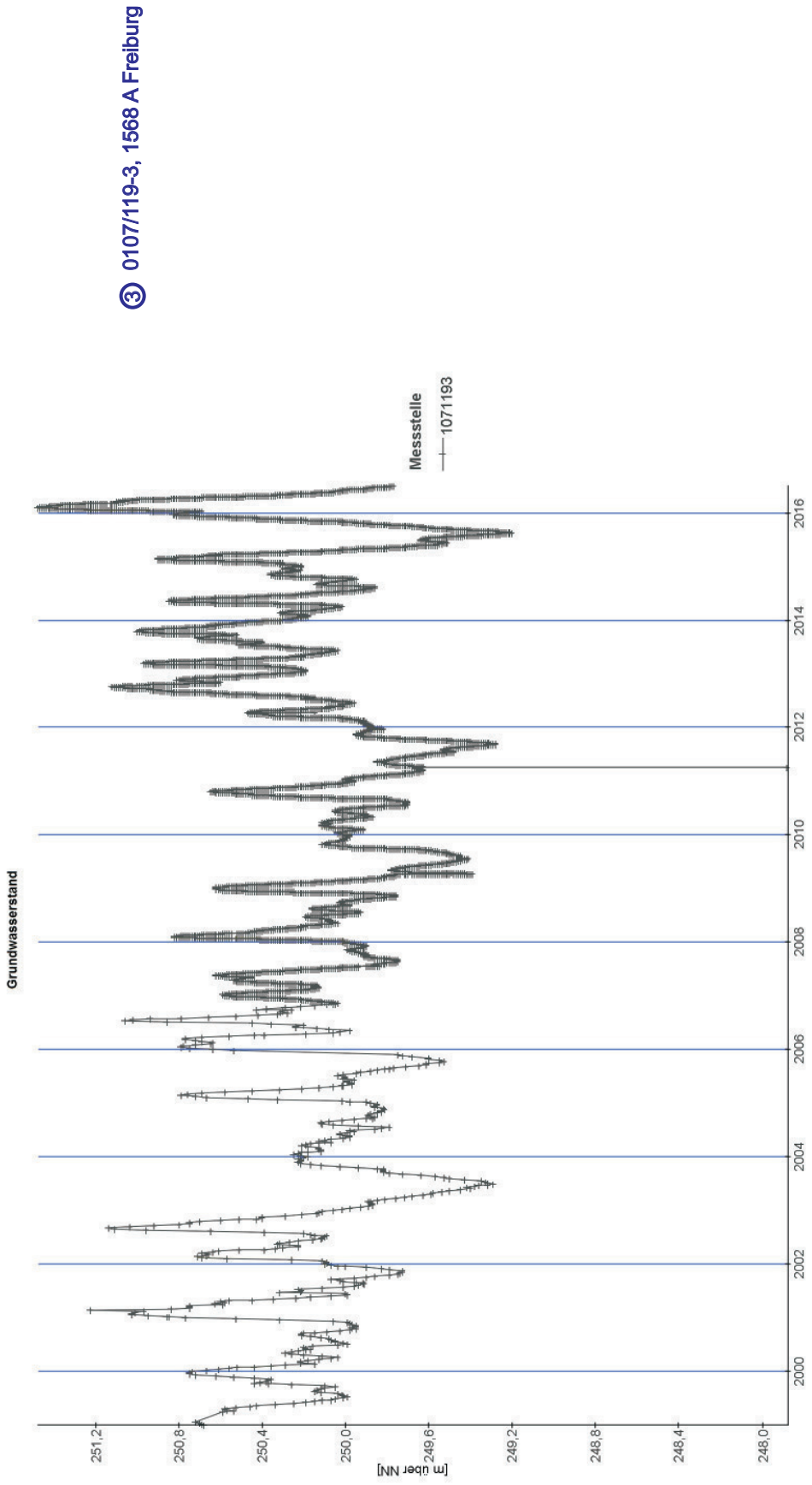
Ganglinie der Grundwassermessstellen



Ganglinie der Grundwassermessstellen



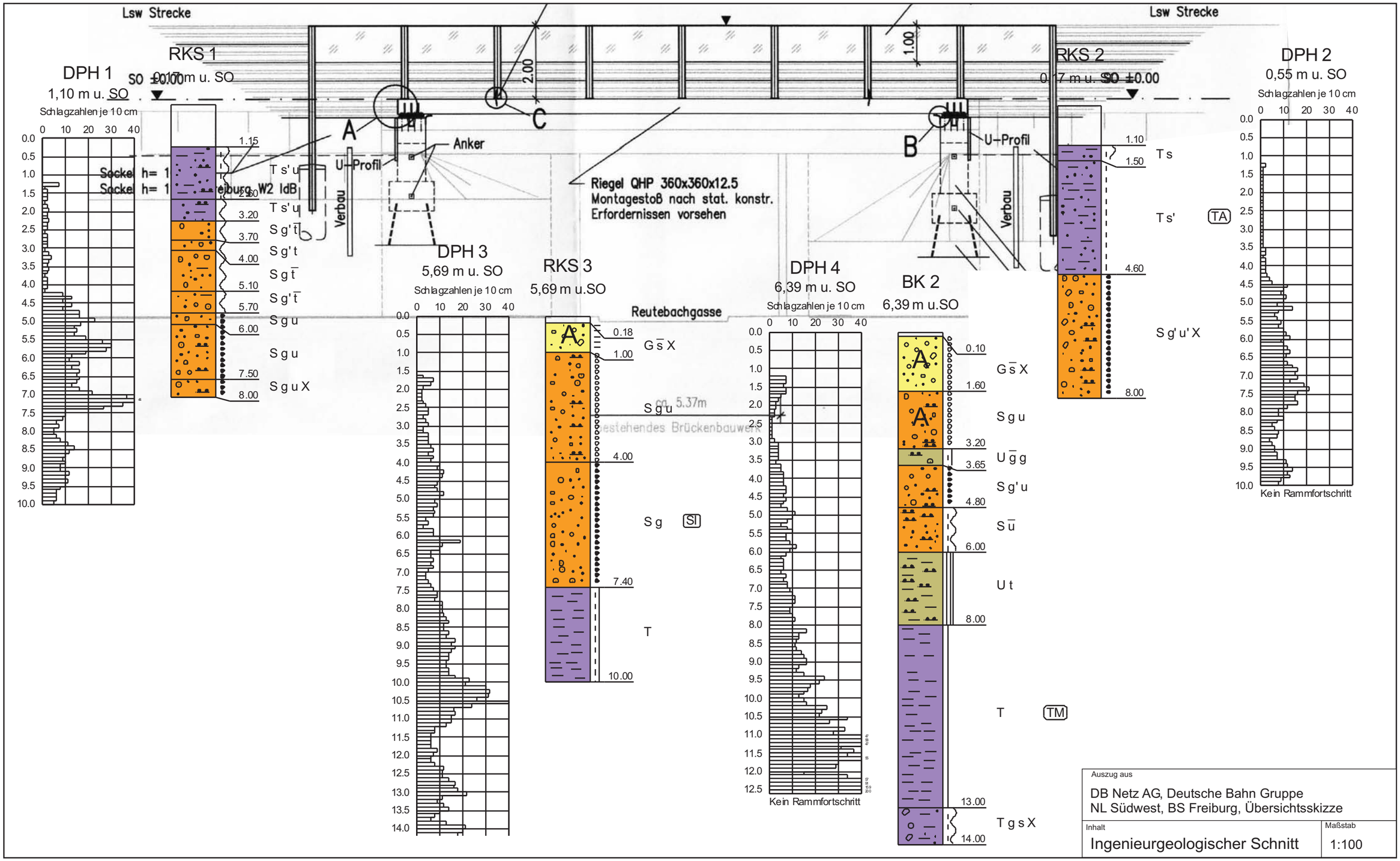
Ganglinie der Grundwassermessstellen



Homogenbereiche

Homogenbereiche für das Gewerk Erdarbeiten (E) nach DIN 18300:2015-08

Homogenbereich	EA	EB	EC	ED	EE
Bodenschicht (-komplex)	Grobkörnige Böden	Gemischtkörnige Böden	Feinkörnige Böden	Steine, Blöcke, Fels, Mauerwerk, Beton	Schwarzdecke
Bodengruppe nach DIN 18196 / Benennung nach DIN EN ISO 14689-1	SI, GI	ST*, SU, SU*	UL, UM, TL, TM, TA	--	--
Boden- / Felsklassen nach DIN 18300:2012-09	3 - 6	3 - 6	4 - 6	6 - 7	--
Anteil Steine und Blöcke [%]	< 30 %	bis zu > 30 %	bis zu > 30 %	--	--
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	--	--	--	--	--
Dichte, erdfeucht [g/cm³]	1,8 – 2,0	1,8 – 2,2	1,8 – 2,2	--	--
undränierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]	--	0 – 60	0 – 60	--	--
Wassergehalt w [%]	0 – 20	0 – 35	10 – 35	--	--
Konsistenz	--	weich – steif	weich – fest	--	--
Konsistenzzahl I_C [-]	0 – >1	0 – >1	0 – >1	--	--
Plastizitätszahl I_P [-]	0 – 0,05	0,05 – 0,40	0 – 0,40	--	--
Lagerungsdichte	sehr locker – mitteldicht	mitteldicht	--	--	--
organischer Anteil [%]	0 – 10	0 – 15	0 – 20	--	--


Lsw Strecke
Lsw Strecke
RKS 1
SO ±0.00
0.17 m u. SO
DPH 1
1,10 m u. SO
Schlagzahlen je 10 cm
0 10 20 30 40
A
C
2.00
1.00
Anker
U-Profil
Verbau
Riegel QHP 360x360x12.5
Montagestoß nach stat. konstr.
Erfordernissen vorsehen
B
RKS 2
0.17 m u. SO ±0.00
DPH 2
0,55 m u. SO
Schlagzahlen je 10 cm
Kein Rammfortschritt
DPH 3
5,69 m u. SO
Schlagzahlen je 10 cm
RKS 3
5,69 m u.SO
Reutebachgasse
DPH 4
6,39 m u. SO
Schlagzahlen je 10 cm
Kein Rammfortschritt
BK 2
6,39 m u.SO
Sockel h= 1
Sockel h= 1
T s'u
T s'u
S g't
S g't
S g u
S g u
S g u X
S g u
S g u
S g
T
T s
T s'
S g'u' X
G s X
U g g
S u
U t
T
T g s X
TA
SI
TM
1.15
2.50
3.20
3.70
4.00
5.10
5.70
6.00
7.50
8.00
0.18
1.00
4.00
7.40
10.00
0.10
1.60
3.20
3.65
4.80
6.00
8.00
13.00
14.00
1.10
1.50
4.60
8.00
Auszug aus
DB Netz AG, Deutsche Bahn Gruppe
NL Südwest, BS Freiburg, Übersichtsskizze
Inhalt
Ingenieurgeologischer Schnitt
Maßstab
1:100