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 über Feldweg in Mössingen, km 16,886, Strecke 4630 Tübingen - Sigmaringen
Projektnummer:	17K.040
Bestellnummer:	0016 / KL3 / 26773801
Rahmenvertrag Nr.:	1000 / EKX / 92202091
Datum:	20.09.2017 (Zin/Wie)

Inhaltsverzeichnis **Seite**

1	Vorgang und Auftrag	3
2	Unterlagen	3
3	Baugelände und Baumaßnahme	3
4	Baugrundaufschlüsse und Laborversuche	4
5	Baugrundverhältnisse	4
5.1	Regionale Geologie	4
5.2	Erdbebengefährdung	4
5.3	Bodenart und Schichtenfolge	5
5.4	Bodenkennwerte	5
5.5	Hydrogeologische Verhältnisse	7
5.6	Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung	7
5.7	Homogenbereiche	7
6	Gründungsempfehlungen	7
6.1	Allgemeine Angaben	7
6.2	Flachgründung der Brückenwiderlager	8
6.3	Alternative Gründungsvarianten	9
6.4	Baugruben und Arbeitsraumverfüllung	10
6.5	Wasserhaltung	11
7	Allgemeine Hinweise zur Bauausführung	12
8	Schlussbemerkungen	12

Anlagenverzeichnis

1	Übersichtsplan, M. 1:25.000
2	Lageplan, M. 1:750
3.1 - 3.3	Fotodokumentation
4.1 - 4.5	Bohrprofile und Rammdiagramme, M 1:100
5.1 - 5.5	Ergebnisse der Laborversuche
6	Prüfungszeugnis über den Nachweis der Druckfestigkeit an Bohrkernen
7	Prüfbericht der Grundwasseruntersuchung
8	Probenahmeprotokoll
9	Homogenbereiche
10	Ingenieurgeologischer Schnitt, M. 1:100

1 Vorgang und Auftrag

Die DB Netz AG plant auf der DB-Strecke 4630 die Erneuerung der Eisenbahnüberführung (EÜ) bei km 16,886 über einen Feldweg. 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 / KL3 / 26773801 vom 31.01.2017 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 Übersichtskarte von Baden-Württemberg, Blatt 3, M. 1:200.000,

[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 30.06.2017,

[4] Ivl 4630 AV, Strecke 4630 Tübingen - Sigmaringen, km 16,5 + 99 - km 17,4 + 57, DB Netz AG, M. 1:1.000, Stand: 30.09.2010, digital überreicht durch den Auftraggeber,

[5] Vier Varianten Eisenbahnüberführung, Draufsicht, Querschnitte, M. 1:200, Schönhofen Ingenieure, Stand: März 2017, digital überreicht durch den Auftraggeber,

[6] 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 der eingleisigen, nicht elektrifizierten Bahnstrecke, befindet sich südwestlich von Mössingen und nördlich von Belsen. Die Trasse verläuft hier in Dammlage am Albtrauf entlang, parallel zur Kreisstraße K 6933. Die zu erneuernde EÜ quert bei km 16,886 einen asphaltierten Feldweg. Das Gelände fällt nach Norden hin, in Richtung Ofterdingen, ab. Südöstlich steigt das Gelände auf den „Häderling“ an. Mit dem Neubau soll die bestehende Unterführung auf eine lichte Weite von ca. 12 m verbreitert werden, welche eine zweispurige Straße sowie einen Gehweg ermöglicht. Der Neubau soll nach derzeitiger Planung flach gegründet werden.

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 15.03. bis 21.03.2017 folgende Erkundungsmaßnahmen durchgeführt:

- 5 Handschurfe zur Sicherstellung der Kabel- und Leitungsfreiheit,
- 2 Kernbohrungen (BK 1 und BK 2) mit Tiefen von 9,5 m und 15,5 m u. GOK,
- 1 Ausbau zur Grundwassermessstelle,
- 3 Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 3) mit Tiefen bis zu 9,3 m u. GOK,
- 4 Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 4) mit Tiefen bis 10,7 m u. GOK,
- Entnahme von 34 gestörten Boden- und Felsproben aus Bohrkernen,
- Entnahme von 2 Grundwasserproben,
- 5 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122,
- 1 Bestimmung der Druckfestigkeit an Bohrkernen,
- 1 Untersuchung auf Betonaggressivität von Grundwasser nach DIN 4030,
- 1 Untersuchung auf Stahlaggressivität von Grundwasser nach DIN 50929.

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 ein Kanaldeckel (KD). Die Aufschlüsse wurden fotografiert (Anlage 3), beprobt und nach boden- und felsmechanischen Gesichtspunkten angesprochen. In den Anlagen 4 und 10 sind die Ergebnisse der Felderkundung graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Laborversuche können der Anlage 5 entnommen werden. Die Prüfberichte und das Probenahmeprotokoll sind in den Anlagen 6, 7 und 8 aufgeführt. Ein Vorschlag für die Einteilung von Homogenbereichen ist in der Anlage 9 dargestellt. Die Anlage 10 enthält einen ingenieurgeologischen Längsschnitt.

5 Baugrundverhältnisse

5.1 Regionale Geologie

Nach der geologischen Übersichtskarte von Baden-Württemberg [1] besteht der oberflächennahe Untergrund im Erkundungsgebiet aus quartären Flusskiesen und Sanden. Diese überlagern das Festgestein in Form von Tonsteinen des Braunjura α.

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 [2] liegt das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 3. Somit ist der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung mit a_g = 0,8 m/s^2 anzusetzen. Des Weiteren ist der Baugrund der Untergrundklasse R sowie der Baugrundklasse B zuzuordnen.

5.3 Bodenart und Schichtenfolge

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

1. **Auffüllungen: Schluffe (U), Tone (T),**
2. **Untergrund: Schluffe (U), Tone (T)**
3. **Fels: Tonstein**

Die Rammkernsondierungen RKS 1 und RKS 2 wurden auf dem Bestandsdamm ausgeführt. Bis in Tiefen von ca. 5,1 m u. SO (RKS 1) bzw. ca. ca. 4,8 m u. SO (RKS 2) wurden Auffüllungen in Form von Tonsteinbruch angetroffen. Der Tonsteinbruch liegt in Kieskorngröße vor und ist als grauer, kiesiger, schwach schluffiger Ton zu beschreiben. Die Konsistenz war am Tag der Erkundung weich. In der Rammkernsondierung RKS 3 sowie der Kernbohrungen BK 1 wurden oberflächennah geringmächtige Auffüllungen (Schichtdicke 0,35 m bis 0,45 m) in Form von braunen und dunkelbraunen Schluffen mit variierenden Kies-, Sand- sowie teilweise Organikanteilen und mit Steinanteilen angetroffen. Die Konsistenz der Schluffe war am Erkundungstag weich bis steif. Gemäß DIN 18196 sind die Auffüllungen den Bodengruppen UL, OU, TL bzw. TM und gemäß DIN 18300 den Bodenklassen 4 (UL, OU, TL, TM) bzw. 5 (abhängig vom Steinanteil) zuzuordnen.

In allen Aufschlusspunkten wurden quartäre Ablagerungen in Form von Schluffen und Tonen mit variierenden Kies-, Sand-, Ton- bzw. Schluffanteilen in verschiedenen Brauntönen angetroffen. Die Konsistenz der Schluffe und Tone war am Erkundungstag weich bis steif-halbfest. Gemäß DIN 18196 sind die quartären Ablagerungen den Bodengruppen UL, UM, TL, TM, TA und gemäß DIN 18300 den Bodenklassen 4 (UL, UM, TL, TM) bzw. 5 (TA, halbfeste Konsistenz) zuzuordnen.

Unterhalb der quartären Ablagerungen folgt das Festgestein in Form von Tonsteinen des Braunjura. Der Tonstein wurde in zersetzten bis frischem Zustand sowie fein laminiertem Aufbau angetroffen und besitzt eine außerordentlich geringe bis geringe Festigkeit. Er kann nach DIN 18300 den Felsklassen 6 bis 7 und nach DIN 18301 den Klassen BB 2, FV 1 bis FV 6 sowie den Zusatzklassen FD 1 bis FD 2 zugeordnet werden. Zur Bestimmung der Gesteinsfestigkeit wurde ein einaxialer Druckversuch durchgeführt. An der Erkundungsstelle BK 2 wurde eine Probekörper aus der Tiefe von 15,20 m - 15,36 m entnommen und eine korrigierte Druckfestigkeit von 20,8 N/mm² festgestellt.

Erfahrungsgemäß sind die Verwitterungszone und die Felsoberkante uneben und unregelmäßig ausgebildet. Die Tiefenlage von Verwitterungszone und Felsoberkante kann zudem variieren.

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]
Schluffe	SCHLUFF, kiesig, schwach sandig bis sandig, tlw. tonig, mit Steinen	UL	4 / 5	weich	18 (8)	30,0	2	3
				steif	19 (9)	30,0	5	5
	SCHLUFF, kiesig, tonig, tlw. sandig	UM	4	steif	18 (8)	27,5	10	4
	SCHLUFF, kiesig, sandig, organogen, tlw. mit Steinen	OU	4 / 5	weich	16 (6)	20,0	10	1
Tone	TON, schwach kiesig bis kiesig, schluffig, tlw. sandig	TL	4	weich	19 (9)	27,5	2	3
				steif	20 (10)	27,5	15	5
				halbfest	21 (11)	27,5	25	10
	TON, schwach bis stark kiesig, tlw. schwach schluffig, schwach sandig	TM	4	weich	18 (8)	25,0	5	2
				steif	19 (9)	25,0	20	4
				halbfest	10 (10)	25,0	30	8
	TON, schwach kiesig, schwach schluffig	TA	5	steif	18 (8)	20,0	30	3
Fels	Tonstein	Tst	6	zersetzt	25 (15)	40	25	200
	Tonstein	Tst	6 - 7	stark verwittert - frisch	25 (15)	40	50	400

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 15.03. bis 21.03.2017 wurde in den Bohrungen BK 1 und BK 2 Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Es wurden teileingespiegelte Wasserstände zwischen ca. 459,9 mNN (ca. 5,3 m u. SO, BK 1) und ca. 458,0 mNN (ca. 7,1 m u. SO) gemessen. Der deutliche Wasserspiegelunterschied deutet darauf hin, dass der Bahndamm ein Hindernis für hangabwärts fließendes Grund- und Hangwasser darstellt und eventuell einen Aufstau bewirkt. Wir empfehlen einen Bemessungswasserstand auf Höhe der Geländeoberkante (ca. 460,5 mNN) anzusetzen.

Die im Untergrund anstehenden feinkörnigen Böden (Tone und Schluffe) 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 Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung

Das Grundwasser wurde an der GW-Messstelle (BK 2) in einer Tiefe von ca. 2,8 m unter GOK beprobt und auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030 und Stahlaggressivität nach DIN 50929 untersucht. Anhand der durchgeführten Untersuchung kann die Betonaggressivität des Grundwassers als „nicht angreifend“ eingestuft werden (siehe Anlagen 7 und 8). Hinsichtlich der Stahlaggressivität ist die Korrosionswahrscheinlichkeit als gering zu bewerten.

5.7 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 9 angegeben Bodenklassen der Orientierung dienen sollen. Der Vorschlag der Einteilung der Homogenbereiche kann den Anlagen 4 und 9 entnommen werden.

6 Gründungsempfehlungen

6.1 Allgemeine Angaben

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung stand die Ausführung der Gründung des neuen Brückenbauwerks nicht endgültig fest. Die vier Varianten der vorliegenden Entwurfsplanung [5] sehen Flachgründungen vor. 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

Gemäß den uns vorliegenden Planunterlagen [5] sind für den Vorentwurf einer Flachgründung der Widerlager in der Variante 3 Fundamentabmessungen von ca. 3,0 m und 3,5 m auf ca. 7,0 m vorgesehen. Die Tiefenlage der Gründungssohlen soll gemäß [5] bei ca. 459,5 mNN und damit in den quartären Ablagerungen in Form von Schluffen und Tonen 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. 7,0 m sowie einer Variation der Fundamentbreite zwischen 2,0 m und 5,0 m ergeben sich für eine Bodenaustauschmächtigkeit von 0,7 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 0,70 m

Fundamentbreite b [m]	rechnerische Setzung s_{cal} [cm]	zul. Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ [kN/m²]	Bettungsmodul $k_{s,k}$ [MN/m³]
2,0	1,0	112	11,2
	2,0	145	7,3
3,0	1,0	105	10,5
	2,0	135	6,8
4,0	1,0	102	10,2
	2,0	130	6,5
5,0	1,0	100	10,0
	2,0	125	6,3

Unter Zugrundelegung einer Bodenaustauschmächtigkeit von 1,7 m ergeben sich die zulässigen charakteristischen Bodenpressungen σ_{zul} und Bettungsmoduli $k_{s,k}$ in Abhängigkeit der rechnerischen Setzungen s_{cal} nach Tabelle 4.

Tabelle 4: Bodenpressungen σ_{zul} und Bettungsmoduli $k_{s,k}$ in Abhängigkeit der rechnerischen Setzung s_{cal} für verschiedene Fundamentabmessungen und einen Bodenaustausch von 1,70 m

Fundamentbreite b [m]	rechnerische Setzung s_{cal} [cm]	zul. Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ [kN/m²]	Bettungsmodul $k_{s,k}$ [MN/m³]
2,0	1,0	135	13,5
	2,0	190	9,5
3,0	1,0	125	12,5
	2,0	170	8,5
4,0	1,0	118	11,8
	2,0	160	8,0
5,0	1,0	115	11,5
	2,0	155	7,8

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 Alternative Gründungsvarianten

Als Alternative zu einer reinen Flachgründung käme aus unserer Sicht eine Bauweise mit tiefgegründeten Streifenfundamenten in Frage. Bei einer Tiefgründung über verpresste Mikropfähle, sind diese als Pfahlrost unter den Streifenfundamenten anzuordnen. Bei der Bemessung der Mikropfähle können nach EA Pfähle und nach unserer Erfahrung die in unten stehender Tabelle 5 aufgeführten charakteristischen Mantelreibungen verwendet werden.

Tabelle 5: Mantelreibungen für Mikropfähle unter Zugrundelegung

Tiefe [mNN]	$q_{s,k}$ [kN/m²]	Alternativwerte $q_{s,k}$ [kN/m²]
458,5 - 457,0	15	-
457,0 - 455,0	25	-
455,0 - 453,3	70	-
453,3 - 444,5	-	100

Ein Ansatz der Mantelreibung ist erst ab einer Tiefe von 1,00 m unter Pfahlkopf zulässig. Ein Spitzendruck darf nicht angesetzt werden. Die Alternativwerte in den oben stehenden Tabellen gelten für eine Einbindung der Mikropfähle in den Festgesteinshorizont. In diesem Fall kann aufgrund der geringen Verformung eine Mantelreibung in den überlagernden Lockergesteinsschichten i.d.R. nicht mobilisiert und daher nicht angesetzt werden. Bei einer Einbindung der Pfähle in den Festgesteinshorizont empfehlen wir die oben angegebenen Werte für die Mantelreibung im Festgestein erst unterhalb einer Einbindetiefe in den Fels von 0,5 m anzusetzen. Für die Bemessung von Rohrverpresspfählen können die oben aufgeführten charakteristischen Mantelreibungen um 15 % vergrößert werden.

Wir weisen darauf hin, dass in den Tabellen inter- und extrapolierte sowie zum Teil abgeminderte charakteristische Werte angegeben wurden. Die Gewährleistung der Tragfähigkeit ist an Probebelastungen nachzuweisen. Es sind alles erforderlichen Nachweise zur Ableitung der Kräfte in den Untergrund zu führen. Die gültigen Vorschriften, insbesondere der EC-7 und die EA-Pfähle, sind zu beachten.

Als weitere Alternative können Bohrpfähle im anstehenden Tonstein (unterhalb von ca. 453,3 mNN) gegründet werden. Für Bohrpfähle kann bei einer Einbindung gemäß EA-Pfähle von mindestens 0,5 m in den anstehenden Fels ein charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand von $q_{b,k}$ = 1.700 kN/m² sowie unterhalb der Mindesteinbindetiefe eine charakteristische Pfahlmantelreibung von $q_{s,k}$ = 100 kN/m² angenommen werden. Aufgrund der geringen Verformungen bei einer Gründung im Fels kann eine Mantelreibung in den überlagernden Lockergesteinsschichten i.d.R. nicht mobilisiert und daher nicht angesetzt werden.

Die tatsächliche Lage des Felshorizontes muss bei der Herstellung der Pfähle verifiziert werden. Abweichungen vom vermuteten Felshorizont können nicht ausgeschlossen werden. Erfahrungsgemäß sind die Verwitterungszone und die Felsoberkante uneben und unregelmäßig ausgebildet. Die Tiefenlage von Verwitterungszone und Felsoberkante kann zudem variieren. Entsprechende Längenreserven für die Pfahlherstellung sind einzuplanen. Die tatsächliche Einbindetiefe in den Fels richtet sich nach den statischen Erfordernissen.

Gemäß EA-Pfähle ist bei Fels die Durchführung einer Probebelastung besonders zu empfehlen. Wird auf eine Probebelastung verzichtet, so ist für den Ansatz der Pfahlwiderstände auf der Grundlage von Erfahrungswerten ein erhöhter Teilsicherheitsbeiwert gemäß EC 7 zu berücksichtigen.

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.

Neben den oben genannten Tiefgründungsvarianten wäre zur Reduzierung der Bodenaustauschmächtigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der rechnerischen Setzungen einer Flachgründung eine Bodenverbesserungsmaßnahme z. B. mittels unvermörtelter oder vermörtelter Rüttelstopfsäulen oder deren Kombination grundsätzlich ausführbar. Der Gründungshorizont einer solchen Bodenverbesserungsmaßnahme sollte im Übergangsbereich zum Tonstein liegen. Im Bereich der Säulenköpfe ist eine lastverteilende Tragschicht (Bodenaustausch) vorzusehen. Die Mächtigkeit dieser Tragschicht sollte mindestens dem halben Rasterabstand der Säulen entsprechen. Die durch eine solche Maßnahme erzielbare Steifigkeitserhöhung hängt maßgeblich von der Ausführung der Säulen sowie dem realisierbaren Säulendurchmesser und Rasterabstand ab. Wir empfehlen hierfür Kontakt zu einer Spezialtiefbaufirma aufzunehmen, um Bauverfahren, Geräte, Umfang etc. für eine solche Maßnahme zu klären. Die erforderlichen Nachweise sind für alle Bauzustände zu führen. Weiterhin ist die Ausführbarkeit hinsichtlich der betrieblichen, genehmigungsrechtlichen und technischen Belange zu prüfen. Wir empfehlen eine Baubegleitung durch einen geotechnischen Sachverständigen.

6.4 Baugruben und Arbeitsraumverfüllung

Für die Herstellung des geplanten Überführungsbauwerks sind 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. Geböschte Baugruben können mit einem bauzeitlichen Böschungswinkel von ca. 45° hergestellt werden. Bei Überschreitung dieses Wertes sowie bei Böschungshöhen von mehr als 5,0 m ist die Standsicherheit der Böschungen gesondert nachzuweisen. Die DIN 4124 ist zu beachten. Entlang von Baugrubenrändern ist ein mindestens 1,0 m breiter Streifen lastfrei zu halten.

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. Die Spundwände können erfahrungsgemäß nicht in die Böden der Verwitterungszone gerammt werden.

In Anlehnung an die EAB können für die Bemessung der Spundwände für die anstehenden Böden folgende Kennwerte angegeben werden:

Tabelle 1: Charakteristische Pfahlmantelreibungen $q_{s,k}$ und Pfahlspitzendrücke $q_{b,k}$ von Spundwänden im anstehenden Boden

Tiefe [mNN]	$q_{b,k}$ [kN/m²]	$q_{s,k}$ [kN/m²]
~463,9 – ~457,8	-	2
~457,8 - ~455,8	-	4
~455,8 - ~454,1	300	12

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte gelten nur im anstehenden Boden. In eventuell nachträglich freigelegten und wiederverfüllten Bereichen ist der Ansatz der Mantelreibung nicht möglich. Werden die Spundbohlen mit Hilfe von Auflockerungsbohrungen oder Spüllanzen eingebracht, sind die obengenannten Kennwerte durch Probebelastungen zu überprüfen.

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.

Eine Verankerung des Verbaus normal zur Gleisachse kann gegebenenfalls als „Totmann“-Konstruktion erfolgen. Eine Rückverankerung des Verbaus in Gleisachse kann im Übergangsbereich Dammkörper / Bodenkörper erfolgen. Die Krafteintragslänge sollte vollständig in einer Bodenschicht liegen, Übergangsbereiche sind zu vermeiden. Dabei ist zu beachten, dass eine vertikale Bodenüberdeckung am Verpresskörper von mindestens 4,0 m vorhanden ist. Die Dammgeometrie ist hier entsprechend zu berücksichtigen.

In den anstehenden steifen, binden Böden kann bei einer Krafteintragungslänge $l_0 \leq 5{,}00$ m ein Mantelreibungswert von $\tau_M = 50$ kN/m² angenommen werden. Bei 5,0 m < $l_0 \leq 8{,}0$ m ist der Wert um 15 % zu reduzieren.

Die angegebenen Werte sind Grenzwerte und gelten für Anker ohne Nachverpressung. Bei der Festlegung der zulässigen Ankerbelastung / Gebrauchslast sind entsprechende Sicherheitsbeiwerte zu berücksichtigen. Die Tragfähigkeit jedes Ankers muss vor Ort geprüft werden. Die DIN EN 1537 ist beachten.

6.5 Wasserhaltung

Im Untersuchungsgebiet wurde im Erkundungszeitraum Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Die Aushubsohlen der Widerlager liegen voraussichtlich vollständig unterhalb des Grund- bzw. Schichtwasserhorizonts. Für das Herstellen der Baugruben ist somit eine Wasserhaltung erforderlich. Im vorliegenden Fall erscheint eine offene Wasserhaltungsmaßnahme als realisierbar.

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 erforderlichen Nachweise, insbesondere gegen hydraulischen Grundbruch, Auftriebssicherheit des Bauwerks und der Aushubsohle sind für alle Bauzustände zu führen.

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. Grundwasser sowie mit Oberflächen 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 4630 bei km 16,886 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

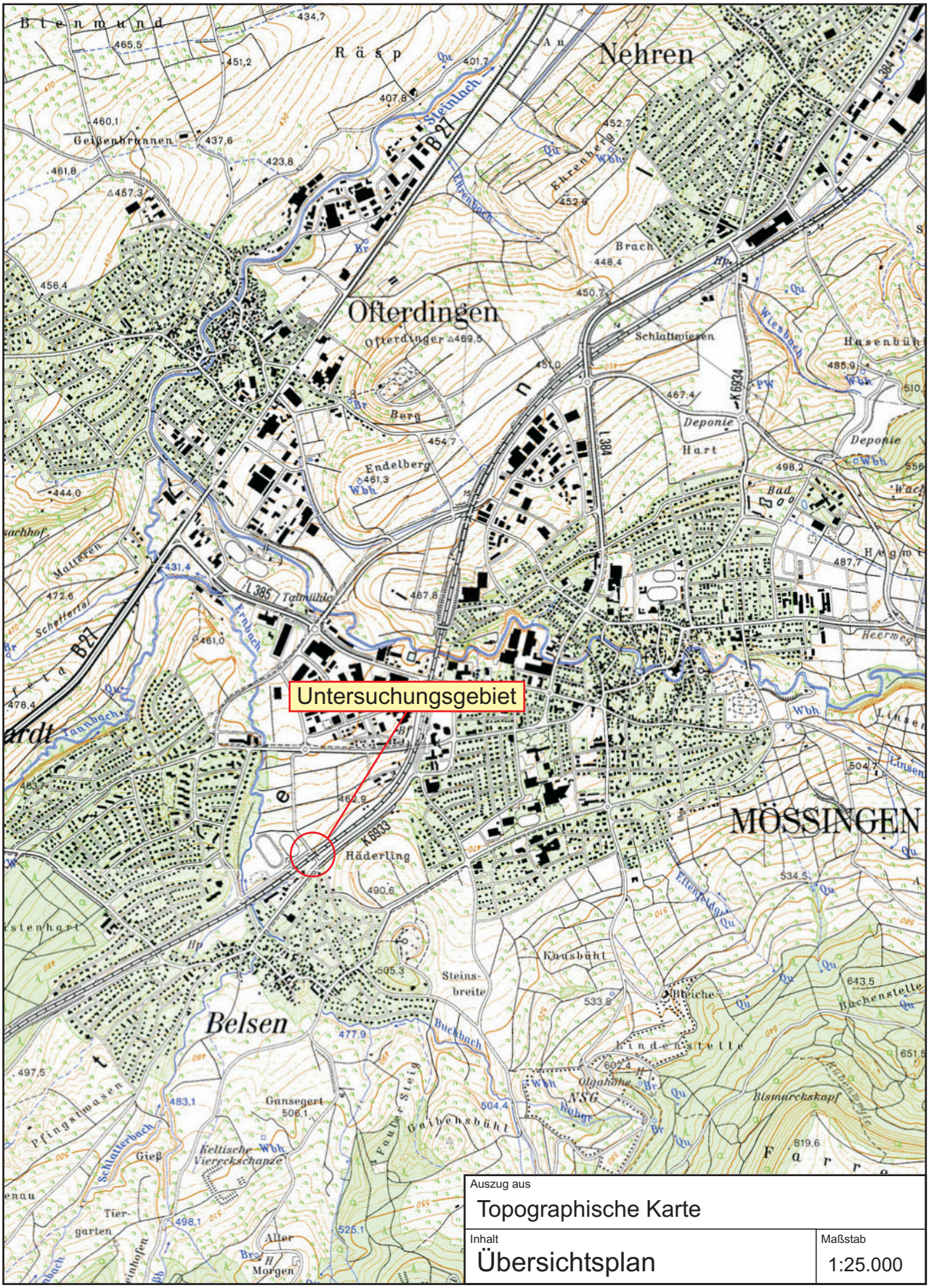
sind die Ergebnisse auf andere Lokationen nicht ohne weitere Überprüfung übertragbar. Prinzipiell sind Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und -ausbildung zwischen bzw. außerhalb der Aufschlusspunkte nicht auszuschließen.

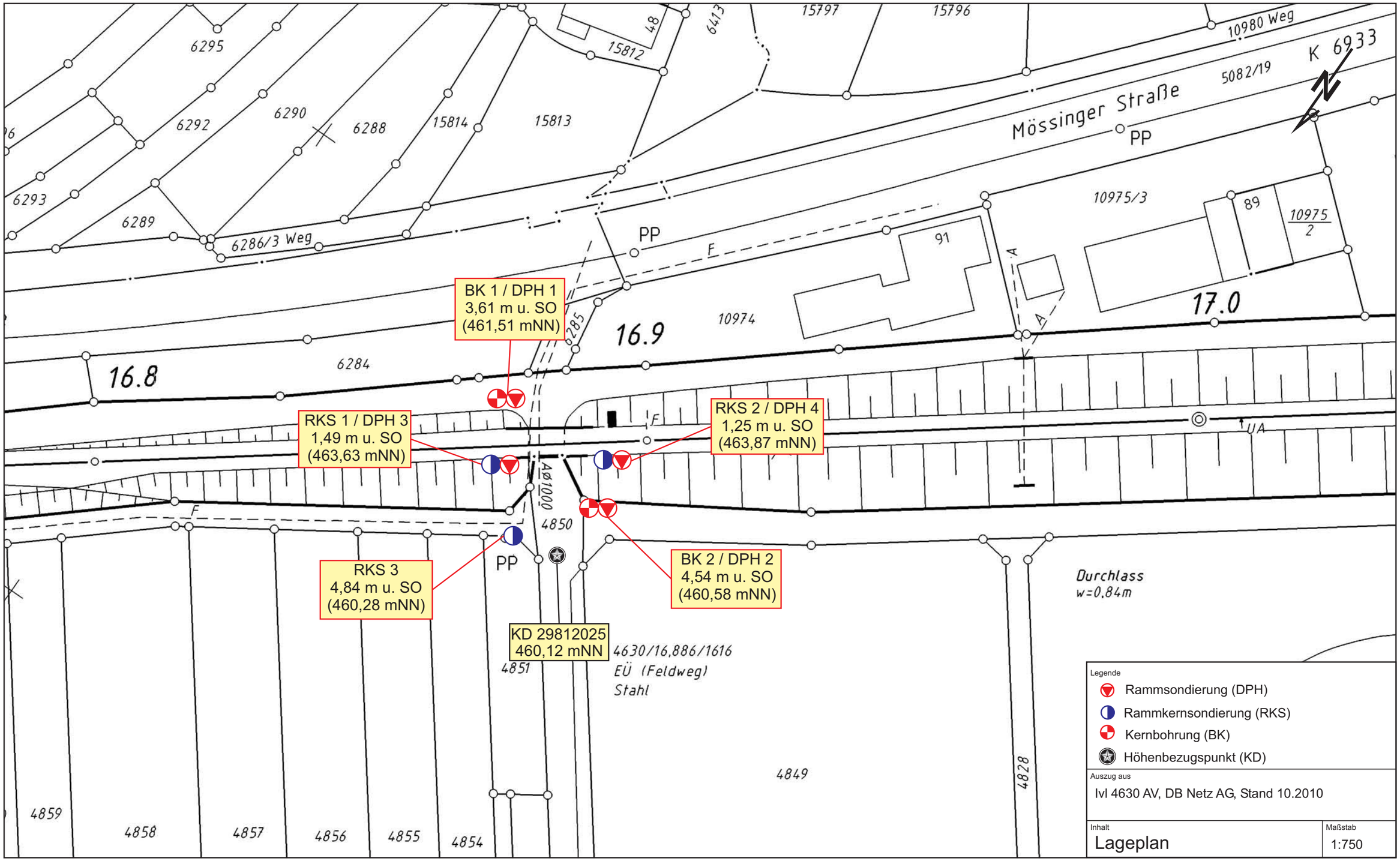
Die in diesem Gutachten genannten Wertungen und Empfehlungen erfolgten unter Zugrundelegung entsprechender Regeln, Richtlinien und Merkblätter. Die Entscheidungen über die Notwendigkeit und Realisierung der Empfehlungen sowie die weitere Vorgehensweise bleiben im vorliegenden Fall den Aufsichts- und 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)

Dipl.-Ing. Christian Zindler
(Projektleiter)


Nehren
Ofterdingen
Belsen
MÖSSINGEN
Untersuchungsgebiet
B 27
L 384
K 6934
K 6933
L 385
Räsp
Geißenbrunnen
Steinlach
Ehrenbach
Brach
Schlattwiesen
Deponie
Hart
Bad
Berg
Endelberg
Häderling
Talmühle
Erlbach
Tannbach
Schlatterbach
Gießen
Tiergarten
Keltische Viereckschanze
Gansegert
Steinsbreite
Buckbach
Gaiberensbühl
Kausbühl
Altteiche
Bachenstelle
Bismarckskapf
Olgahöhe
NSG
Wiesbach
Hasenbühl
Heermeg
Ellenfeldgraben
Auszug aus
Topographische Karte
Inhalt
Übersichtsplan
Maßstab
1:25.000


BK 1 / DPH 1
3,61 m u. SO
(461,51 mNN)
RKS 1 / DPH 3
1,49 m u. SO
(463,63 mNN)
RKS 2 / DPH 4
1,25 m u. SO
(463,87 mNN)
RKS 3
4,84 m u. SO
(460,28 mNN)
BK 2 / DPH 2
4,54 m u. SO
(460,58 mNN)
KD 29812025
460,12 mNN
4630/16,886/1616
EÜ (Feldweg)
Stahl
Mössinger Straße
K 6933
10980 Weg
6286/3 Weg
Durchlass
w=0,84m
Legende
Rammsondierung (DPH)
Rammkernsondierung (RKS)
Kernbohrung (BK)
Höhenbezugspunkt (KD)
Auszug aus
lvl 4630 AV, DB Netz AG, Stand 10.2010
Inhalt
Lageplan
Maßstab
1:750

Fotodokumentation

Foto 1: Übersicht bei BK 1 / DPH 1

Foto 2: Übersicht bei RKS 1 / DPH 3

Foto 3: Übersicht bei BK 2 / DPH 2

Foto 4: Übersicht bei RKS 2 / DPH 4

Foto 5: Übersicht bei RKS 3

Foto 6: Aushub bei RKS 3

Foto 7: Kernkisten der BK 1

Foto 8: Kernkisten der BK 2

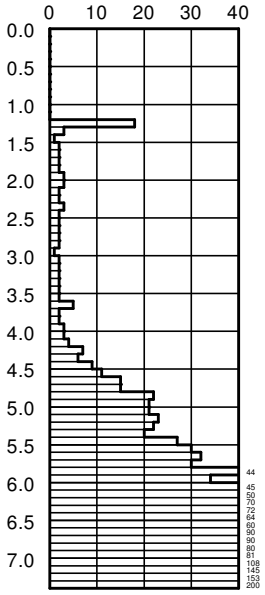
Weitere Fotos befinden sich auf beiliegender CD.

Bohrprofile und Rammdiagramme - M. 1:100

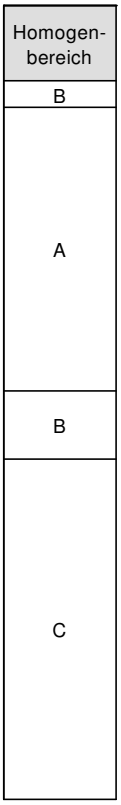
DPH 1

3,61 m u.SO

Schlagzahlen je 10 cm

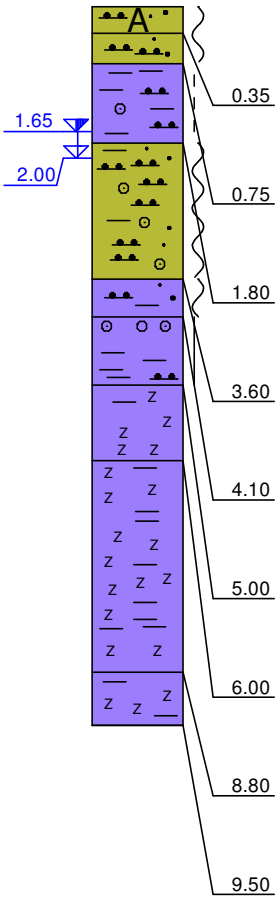


Kein Rammfortschritt



BK 1

3,61 m u.SO



SCHLUFF,
kiesig, sandig, organogen, mit Steinen, weich, braun, [OU]

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

TON,
schwach kiesig, schluffig,
steif, graubraun, [TL]

SCHLUFF,
stark kiesig, sandig, tonig,
weich, hellbraun, [UL]

TON,
kiesig, sandig, schluffig,
weich, graubraun, [TL]

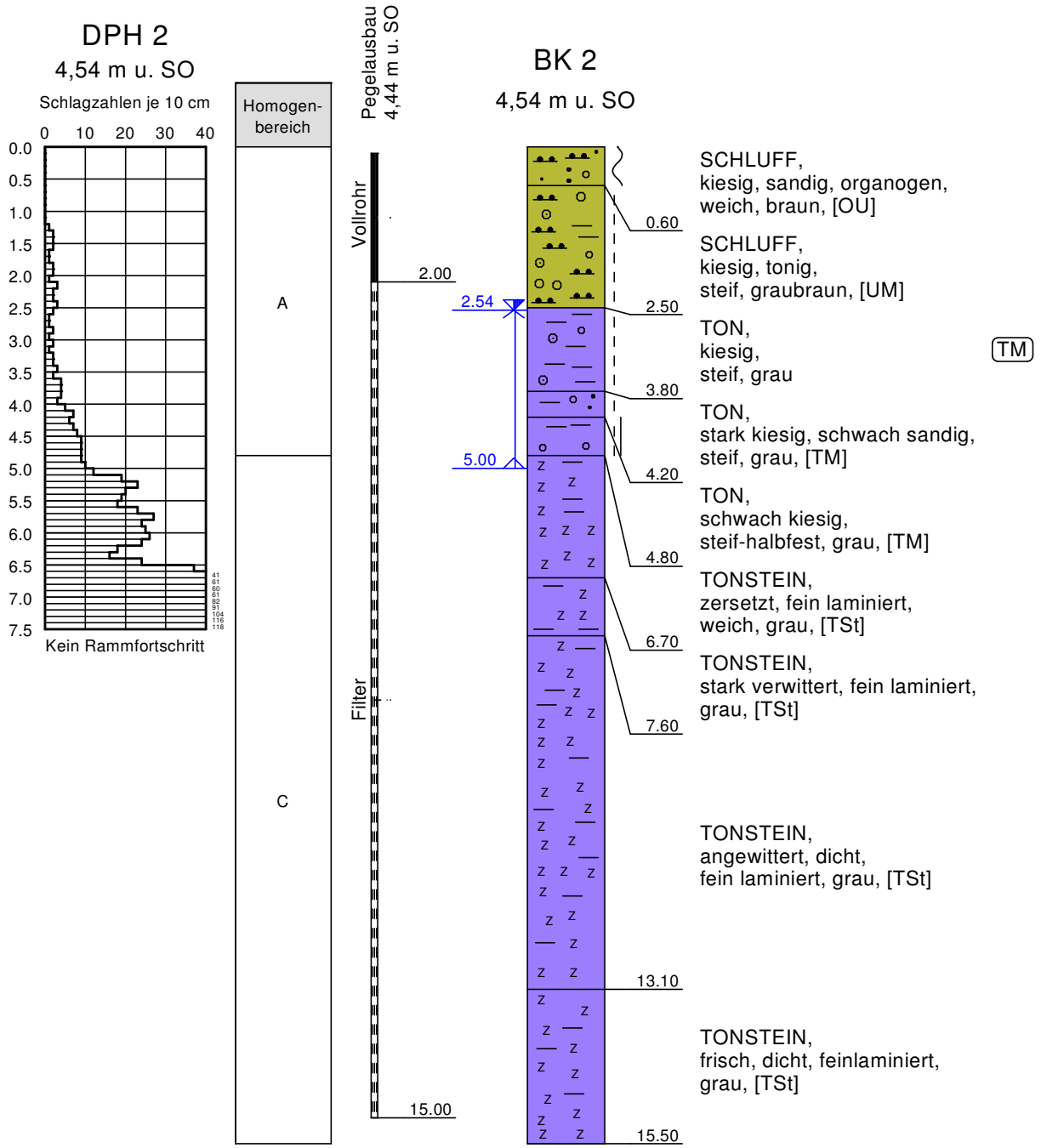
TON,
schwach kiesig, schluffig, (TL)
halbfest, grau

TONSTEIN,
zersetzt, fein laminiert,
weich, grau, [TSt]

TONSTEIN,
stark verwittert, fein laminiert,
grau, [TSt]

TONSTEIN,
verwittert, fein laminiert,
grau, [TSt]

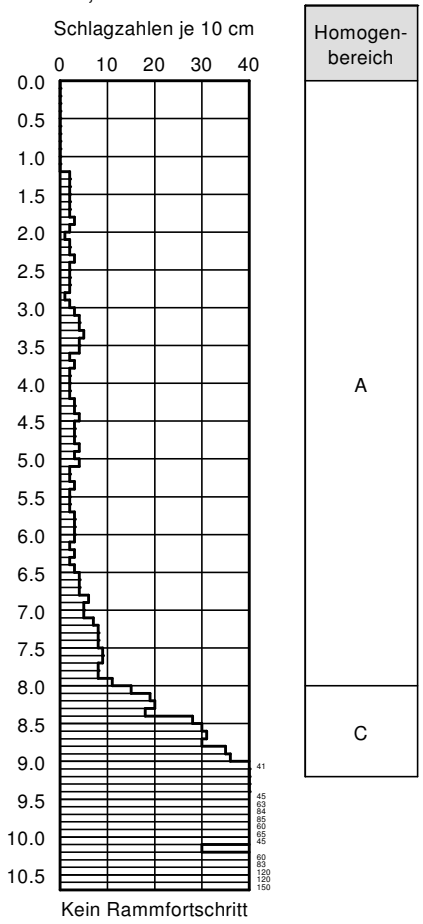
[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor



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

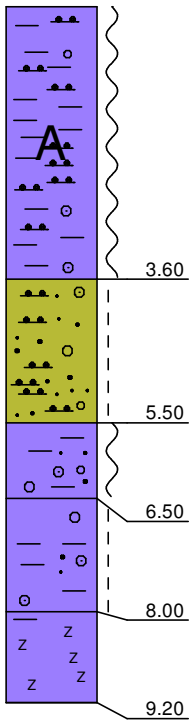
DPH 3

1,49 m u. SO



RKS 1

1,49 m u. SO



Ton,
kiesig, schwach schluffig,
Tonsteinbruch,
weich, grau, [TM]

SCHLUFF,
kiesig, schwach sandig,
steif, hellbraun, [UL]

TON,
schwach kiesig, sandig,
weich, grau (TM)

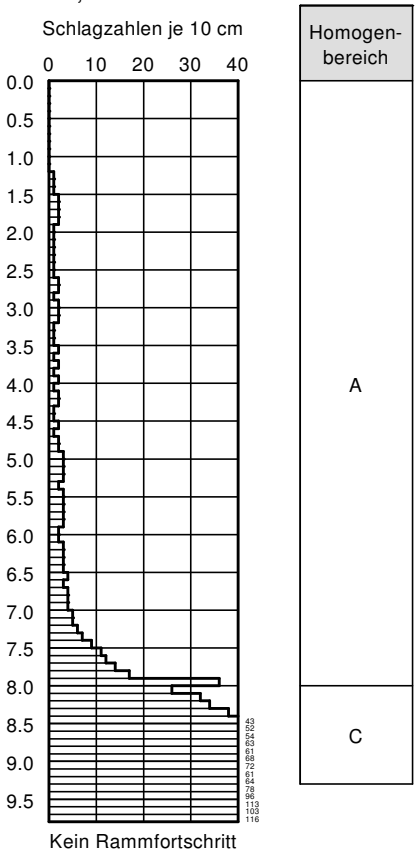
TON,
stark kiesig, schwach sandig,
steif, grau, [TM]

TONSTEIN,
zerstetzt, fein laminiert,
weich, grau, [Tst]

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

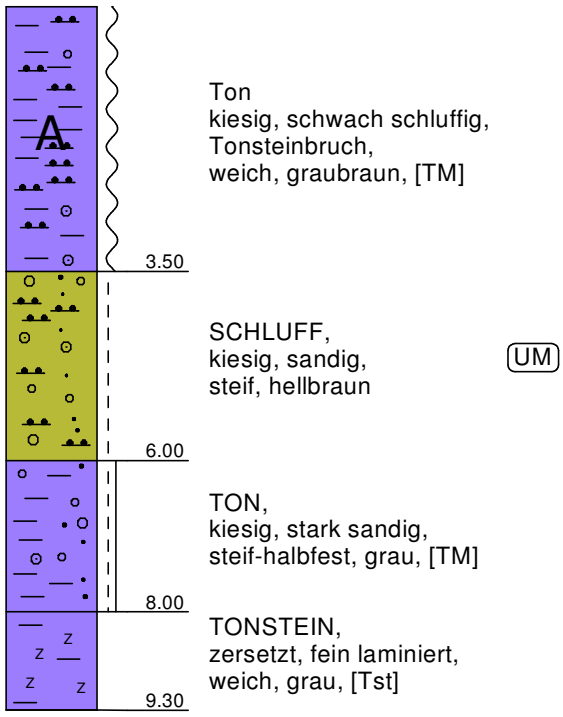
DPH 4

1,25 m u. SO



RKS 2

1,25 m u. SO

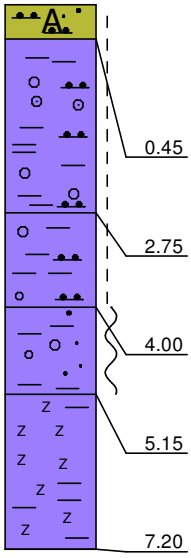


[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

RKS 3

4,84 m u. SO

Homogen-bereich
B
A
C



SCHLUFF
kiesig, schwach sandig, tonig,
mit Steinen, durchwurzelt,
steif,
dunkelbraun, [UL]

TON,
schwach kiesig, schwach schluffig, (TA)
steif, hellbraun

TON,
schwach kiesig, schluffig,
steif, grau, [TM]

TON,
stark kiesig, sandig,
weich, grau, [TM]

TONSTEIN,
zersetzt, fein laminiert,
weich, grau, [Tst]

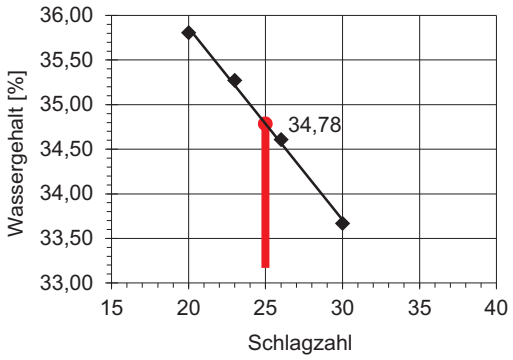
[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache
(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.040	Entnahmestelle:	BK 1
Labornummer:	5266	Tiefe [m]:	4,10 - 5,00
Ausgf. durch:	Bür	Bodengruppe:	**TL**
Datum:	12.04.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	21.03.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	25	26	27	28	40	41	42
Zahl der Schläge	30	26	23	20			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	29,41	29,63	29,76	29,70	14,59	14,40	14,85
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	24,38	23,66	24,48	24,34	13,58	13,42	13,87
Behälter m_B [g]	9,44	6,41	9,51	9,37	9,35	9,34	9,78
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	5,03	5,97	5,28	5,36	1,01	0,98	0,98
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	14,94	17,25	14,97	14,97	4,23	4,08	4,09
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	33,67	34,61	35,27	35,80	23,88	24,02	23,96

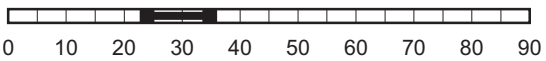


Wassergehalt $w =$ **20,86**

Fließgrenze $w_L =$ **34,78**

Ausrollgrenze $w_P =$ **23,95**

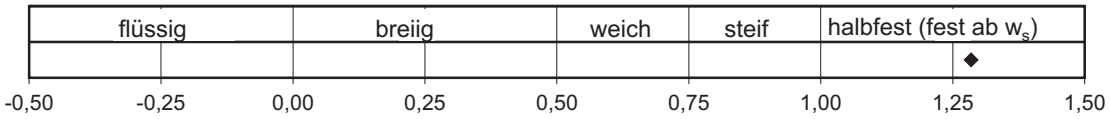
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)



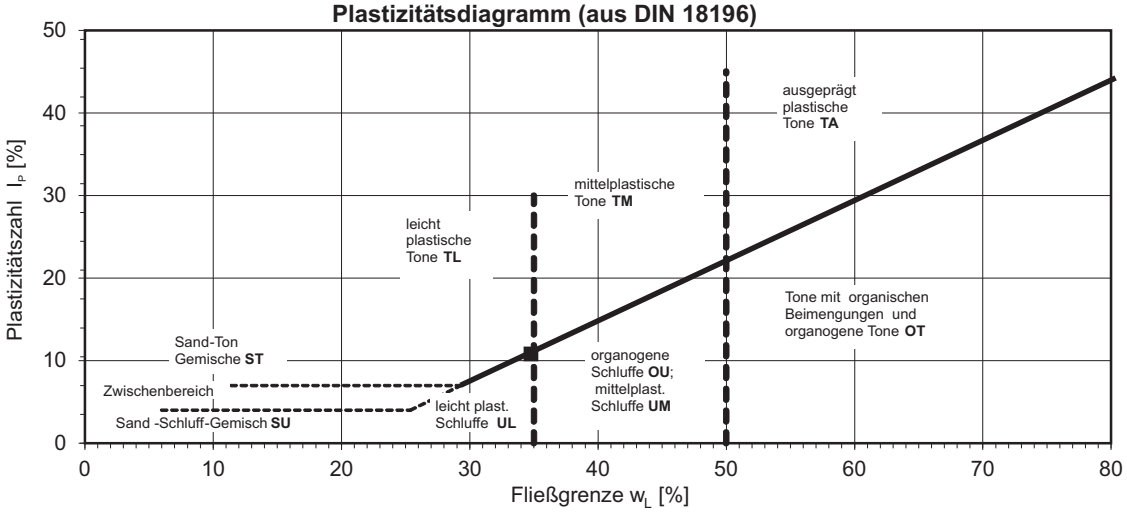
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P =$ 10,832

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P=$ 1,285

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)

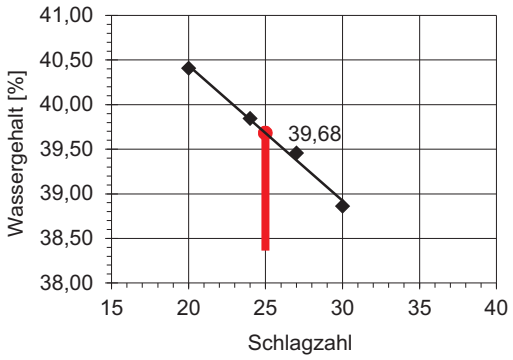


Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.040	Entnahmestelle:	BK 2
Labornummer:	5267	Tiefe [m]:	2,50 - 3,80
Ausgf. durch:	Bür	Bodengruppe:	**TM**
Datum:	06.04.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	21.03.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	43	44	45	46	50	53	54
Zahl der Schläge	30	27	24	20			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	27,08	27,72	27,78	27,23	11,75	14,22	11,58
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	22,30	21,60	22,66	22,07	10,81	13,30	10,67
Behälter m_B [g]	10,00	6,09	9,81	9,30	6,60	9,08	6,52
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	4,78	6,12	5,12	5,16	0,94	0,92	0,91
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	12,3	15,51	12,85	12,77	4,21	4,22	4,15
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	38,86	39,46	39,84	40,41	22,33	21,80	21,93

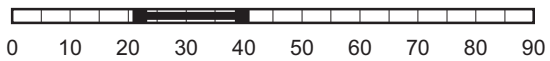


Wassergehalt $w =$ **23,84**

Fließgrenze $w_L =$ **39,68**

Ausrollgrenze $w_P =$ **22,02**

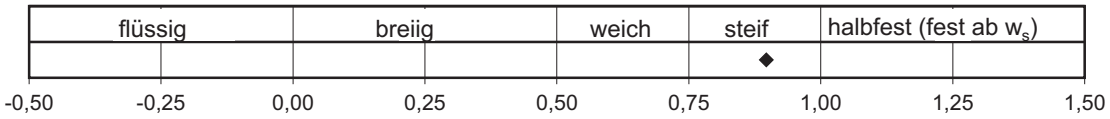
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)



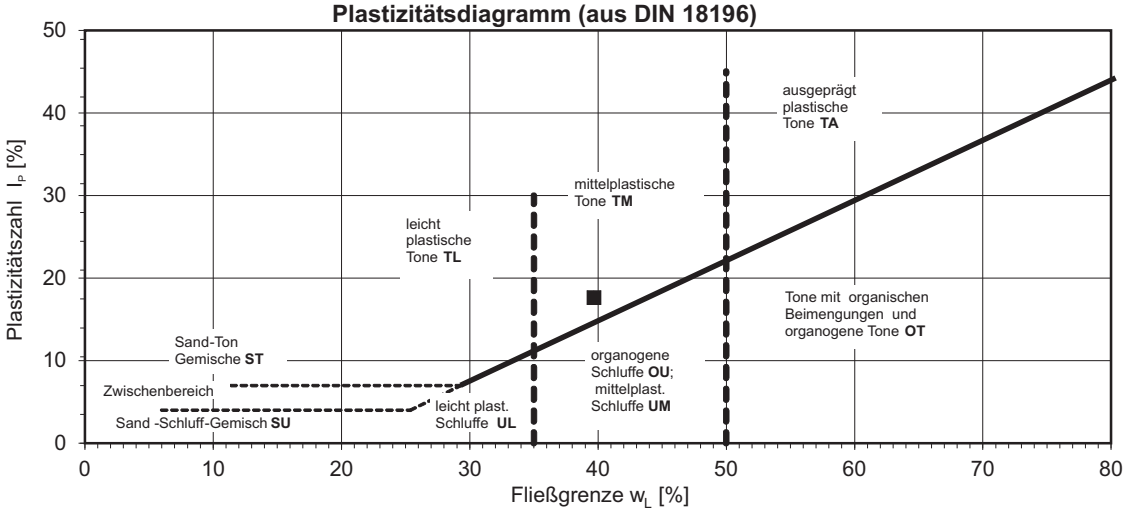
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P =$ 17,662

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P=$ 0,897

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)

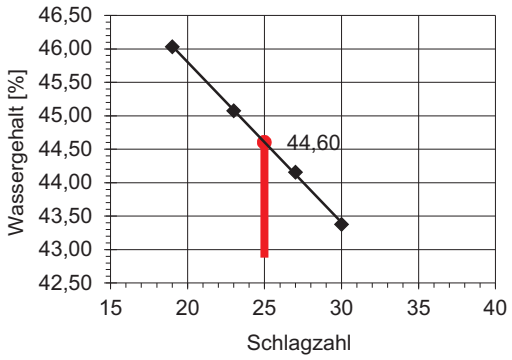


Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.040	Entnahmestelle:	RKS 1
Labornummer:	5268	Tiefe [m]:	5,50 - 6,50
Ausgf. durch:	Dom	Bodengruppe:	**TM**
Datum:	27.03.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	20.03.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	67	66	50	51	61	60	69
Zahl der Schläge	30	27	23	19			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	20,14	22,09	17,07	20,22	12,37	13,71	14,09
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	15,98	17,29	13,82	15,81	11,18	12,41	12,67
Behälter m_B [g]	6,39	6,42	6,61	6,23	5,61	6,29	5,95
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	4,16	4,80	3,25	4,41	1,19	1,30	1,42
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	9,59	10,87	7,21	9,58	5,57	6,12	6,72
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	43,38	44,16	45,08	46,03	21,36	21,24	21,13



Wassergehalt $w =$ **23,27**

Fließgrenze $w_L =$ **44,60**

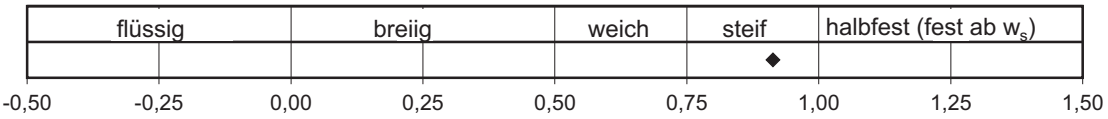
Ausrollgrenze $w_P =$ **21,25**

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

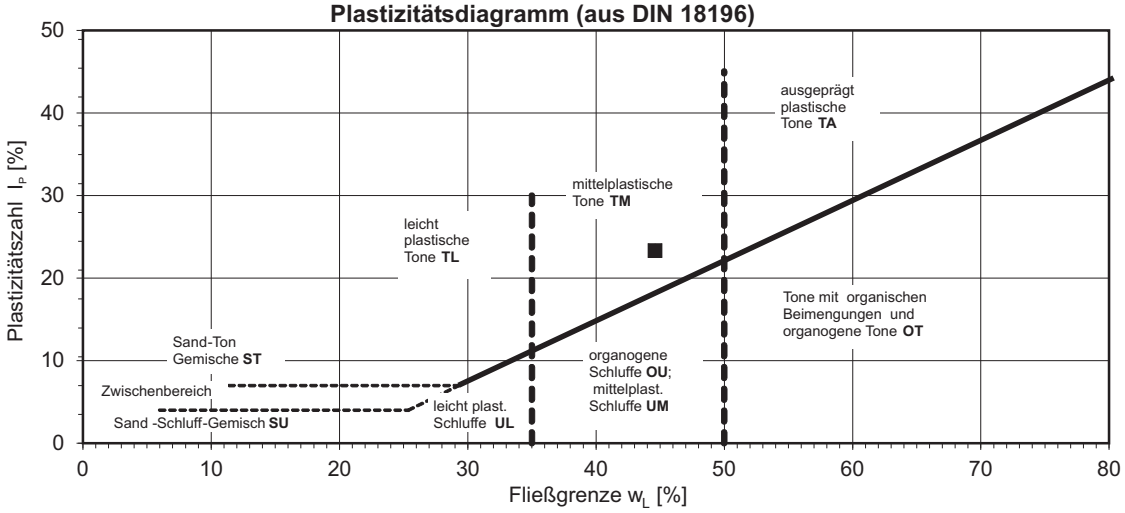
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P =$ 23,356

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P=$ 0,913

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)

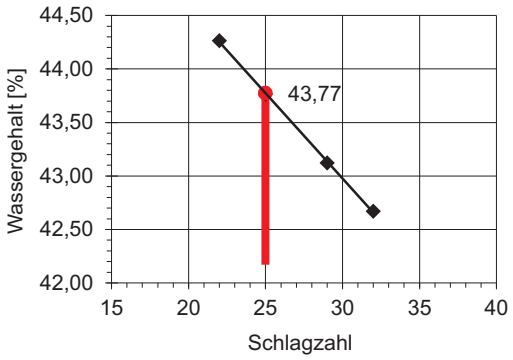


Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.040	Entnahmestelle:	RKS 2
Labornummer:	5269	Tiefe [m]:	3,50 - 6,00
Ausgf. durch:	Bür	Bodengruppe:	**UM**
Datum:	05.04.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	21.03.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	64	65	66	67	45	47	48
Zahl der Schläge	32	29	25	22			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	26,11	26,08	26,59	26,75	14,89	10,96	15,31
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	20,26	20,03	20,45	20,50	13,78	9,84	14,15
Behälter m_B [g]	6,55	6,00	6,42	6,38	9,83	5,87	10,03
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	5,85	6,05	6,14	6,25	1,11	1,12	1,16
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	13,71	14,03	14,03	14,12	3,95	3,97	4,12
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	42,67	43,12	43,76	44,26	28,10	28,21	28,16



Wassergehalt $w =$ **31,74**

Fließgrenze $w_L =$ **43,77**

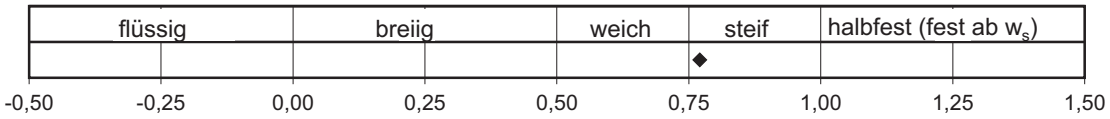
Ausrollgrenze $w_P =$ **28,16**

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

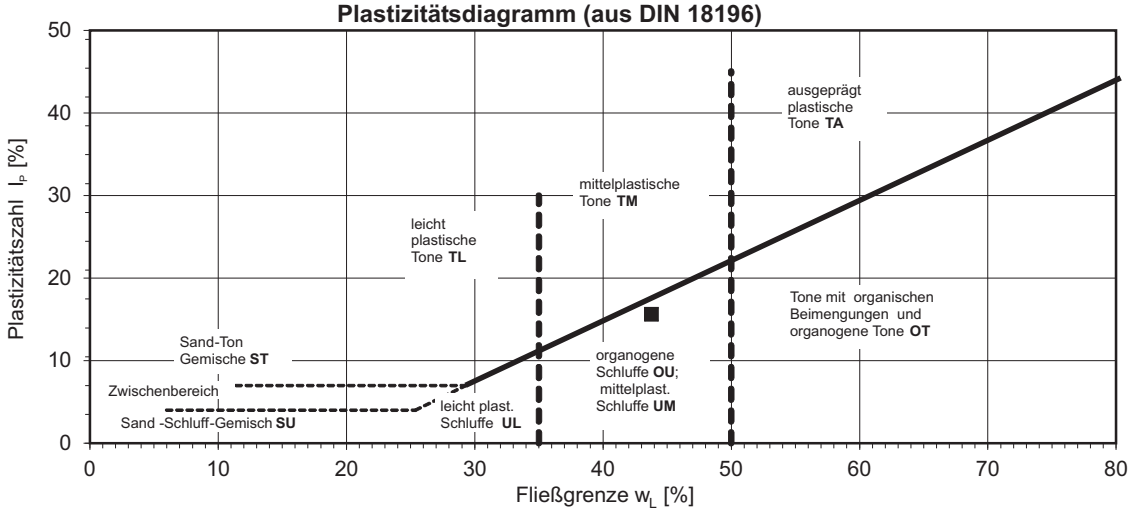
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P =$ 15,618

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P=$ 0,771

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)

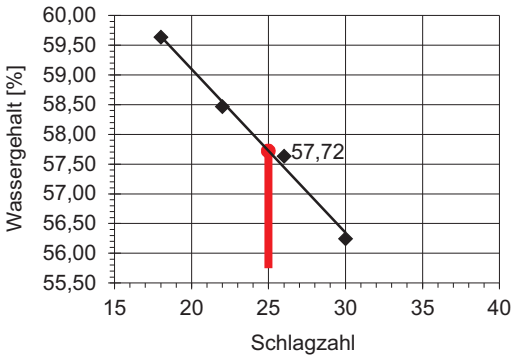


Bestimmung der **Zustandsgrenzen**

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Projekt - Nr:	17K.040	Entnahmestelle:	RKS 3
Labornummer:	5270	Tiefe [m]:	0,45 - 2,75
Ausgf. durch:	Dom	Bodengruppe:	**TA**
Datum:	27.03.17	Entnahmeart:	gestört
		Entnahme am:	20.03.17
		durch:	Wie

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	28	27	26	25	44	43	42
Zahl der Schläge	30	26	22	18			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	25,76	25,09	23,99	25,91	13,17	18,82	16,39
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	19,86	19,39	17,50	19,75	11,85	17,18	15,18
Behälter m_B [g]	9,37	9,50	6,40	9,42	6,09	10,00	9,78
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	5,9	5,70	6,49	6,16	1,32	1,64	1,21
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	10,49	9,89	11,1	10,33	5,76	7,18	5,4
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	56,24	57,63	58,47	59,63	22,92	22,84	22,41

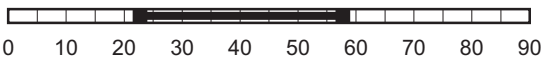


Wassergehalt $w =$ **28,14**

Fließgrenze $w_L =$ **57,72**

Ausrollgrenze $w_P =$ **22,72**

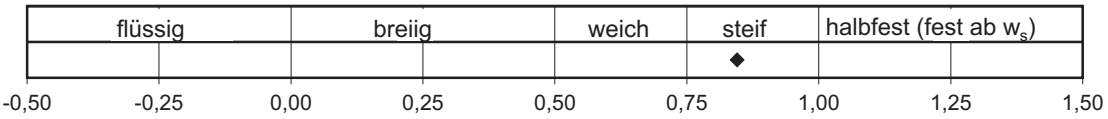
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)



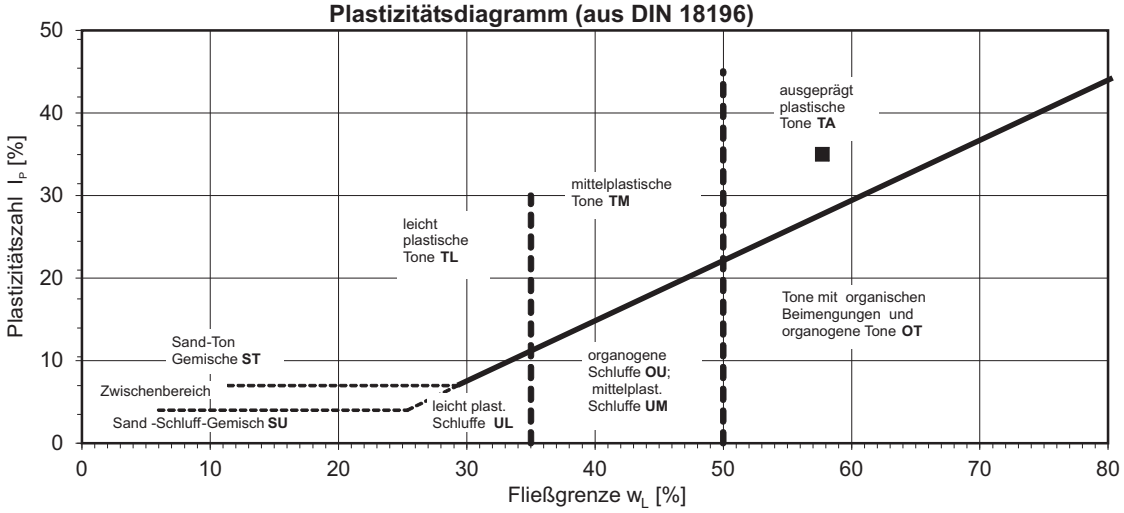
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P =$ 34,998

Konsistenzzahl $I_C=(w_L - w)/I_P=$ 0,845

Zustandsform



Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)



Prüfungszeugnis über den Nachweis der Druckfestigkeit an Bohrkernen

Probenbezeichnung	Entnahmebereich	Anzahl Blätter
BK 2	15,20 - 15,36 m	1

Materialprüfstelle Vorderpfalz GmbH

MPV Materialprüfstelle Vorderpfalz GmbH, Im Lettenhorst 13, 67105 Schifferstadt

Labor
für Baustoff-, Straßenbau- und Baugrundprüfungen
==========
67105 Schifferstadt
Im Lettenhorst 13
Telefon: 06235/6644
Telefax: 06235/7786
www.mpv-schifferstadt.de

augeon GmbH & Co. KG
Ingenieurbüro für Geotechnik und
Umwelttechnik
Essenweinstraße 43

76131 Karlsruhe

PRÜFUNGSZEUGNIS NR. 25590

über den Nachweis der Rohdichte und Druckfestigkeit an Bohrkernen aus Naturstein.

Auftraggeber : augeon GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Projekt-Nr.: 17K.040
Probenanlieferung: 30.03.17 durch MPV

Prüfergebnis

Prüfdatum: 10.04.17

Probe-bezeichnung*	Entnahmebereich m*	Abmessungen Ø mm	Abmessungen h mm	Verhältnis* Ø / h	Gewicht kg	Bruchlast kN	Rohdichte kg/dm³	Druck-festigkeit N/mm²
BK 2	15,20 - 15,36	109	109	1 : 1	2,468	218	2,428	23,4

* lt. Angaben des Antragstellers

Bemerkung:

Die Bewertung der erzielten Prüfergebnisse bleibt auftragsgemäß dem AG vorbehalten.

Schifferstadt, 12.04.17

Materialprüfstelle Eingetragene Amtsstelle Vorderpfalz

Prüfstellenleiter
Dr.-Ing. Maliha

Prüfbericht der Grundwasseruntersuchung

Prüfbericht	Probenbezeichnung	Untersuchungsumfang	Seitenanzahl
2274309	GW1	Betonaggressivität nach DIN 4030, Stahlaggressivität nach DIN 50929	2

AGROLAB Labor GmbH

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

AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.

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

AUGEON GMBH & CO KG
Essenwein 43
76131 KARLSRUHE

Datum 27.03.2017
Kundennr. 27015229

PRÜFBERICHT 2274309 - 754510

Auftrag	**2274309 17K.040 EÜ Mössingen**
Analysennr.	**754510 Wasser**
Probeneingang	**24.03.2017**
Probenahme	**21.03.2017**
Kunden-Probenbezeichnung	**GW1**

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert		Methode
Sensorische Prüfungen						
Färbung (Labor)		**farblos**				DIN EN ISO 7887 (C 1)
Trübung (Labor)		**klar**				visuell
Geruch (Labor)		**ohne**				DEV B1/2
Physikalische Parameter						
pH-Wert (Labor)		**7,17**	0			DIN EN ISO 10523 (C 5)
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	**1220**	10			DIN EN 27888 (C 8)
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	**1360**	10			DIN EN 27888 (C 8)
Kationen						
Ammonium (NH4)	mg/l	**0,17**	0,03			DIN ISO 15923-1 (D 49)
Calcium (Ca)	mg/l	**190**	1			DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Magnesium (Mg)	mg/l	**20**	1			DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Anionen						
Chlorid (Cl)	mg/l	**210**	1			DIN ISO 15923-1 (D 49)
Nitrat (NO3)	mg/l	**<1,0**	1			DIN ISO 15923-1 (D 49)
Sulfat (SO4)	mg/l	**67**	2			DIN ISO 15923-1 (D 49)
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	**<0,05**	0,05			DIN 38405-27 (D 27)
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	**6,21**	0,1			DIN 38409-7-1 (H 7-1)
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	**6,11**	0,1			DIN 38409-7-1 (H 7-1)
Summarische Parameter						
Oxidierbarkeit (KMnO4-Verbrauch)	mg/l	**0,8**	0,5			DIN EN ISO 8467 (H 5)
KMnO4-Index (als O2)	mg/l	**0,20**	0,13			DIN EN ISO 8467 (H 5)
Berechnete Werte						
Carbonathärte	°dH	**17,4**	0,3			Berechnung
Carbonathärte	mg/l CaO	**174**				Berechnung
Nichtcarbonathärte	°dH	**14**	0			Berechnung
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	**137**	0			Berechnung
Gesamthärte	°dH	**31,1**	1			Berechnung
Gesamthärte	mg/l CaO	**311**				Berechnung
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	**<1**	1			DIN 4030
Gesamthärte (Summe Erdalkalien)	mmol/l	**5,56**	0,18			Berechnung
Betonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030)		**nicht angreifend**				DIN 4030

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

' Nitrat: Messung mittels automatisierter Photometrie.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

DOC-0-6843088-DE-P1
3/27/17 9:43 AM
AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Seb. Maier
Dr. Paul Wimmer

ilac-MRA
DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14289-01-00
Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

AGROLAB Labor GmbH

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

AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.

Datum	27.03.2017
Kundennr.	27015229

PRÜFBERICHT 2274309 - 754510

Beginn der Prüfungen: 24.03.2017
Ende der Prüfungen: 27.03.2017

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannten Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

AGROLAB Labor GmbH, Jan Vizoso, Tel. 08765/93996-61
jan.vizoso@agrolab.de
Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

DOC-0-6843088-DE-P2
3/27/17 9:43 AM
AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Seb. Maier
Dr. Paul Wimmer

ilac-MRA
DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14289-01-00
Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

Probenahmeprotokoll

Entnehmende Stelle:	Zweck der Probennahme:
augeon GmbH & Co. KG Ingenieurbüro für Geo- und Umwelttechnik Essenweinstr. 43 76131 Karlsruhe	Chemische Untersuchung der Betonaggressivität nach DIN 4030, Stahlaggressivität nach DIN 50929

1.	Probenahmestelle:	BK 2, Erneuerung EÜ Mössingen
2.	Lage:	siehe Lagepläne in Anlage 1 und 2
3.	Zeitpunkt der Probennahme, Datum/Uhrzeit:	21.03.2017
4.	Art der Probe:	Grundwasser
5.	Entnahmegerät:	Schöpfer

Entnahmedaten

6.a	Entnahmetiefe / Grundwasserhorizont:	ca. 2,75	m u. GOK
6.b	Ruhewasserspiegel vor PN:	ca. 2,56	m u. GOK
6.c	Abgesenkter Wasserspiegel bei PN:	-	m u. GOK
6.d	Förderstrom:	-	m^3/h
6.e	Pumpdauer bis PN:	-	Std.

Ergänzende Feststellungen vor Ort

7.a	Farbe:		farblos
7.b	Trübung:		keine
7.c	Geruch (unveränderte Probe):		ohne
7.d	Temperatur:	--	°C
7.e	ph-Wert:	--	
7.f	Leitfähigkeit:	--	µS/cm
7.g	Sauerstoffgehalt:	--	mg/l
7.h	Redoxpotential:	--	mV

8.	Probenbezeichnung / Analysennummer:	GW1 / 754510 Wasser
9.	Probebehälter:	Probenflaschen aus Braun- und Grünglas / PE, (Vorlagen: 5 g Marmorpulver bzw. 3 g Zinkacetat in je 0,25 l-Flaschen)
10.	Probenmenge:	4 x 0,5 l + 3 x 0,25 l + 2 x 0,25
11.	Bemerkungen / Begleitinformation:	lichtgeschützt, kühl, luftdicht

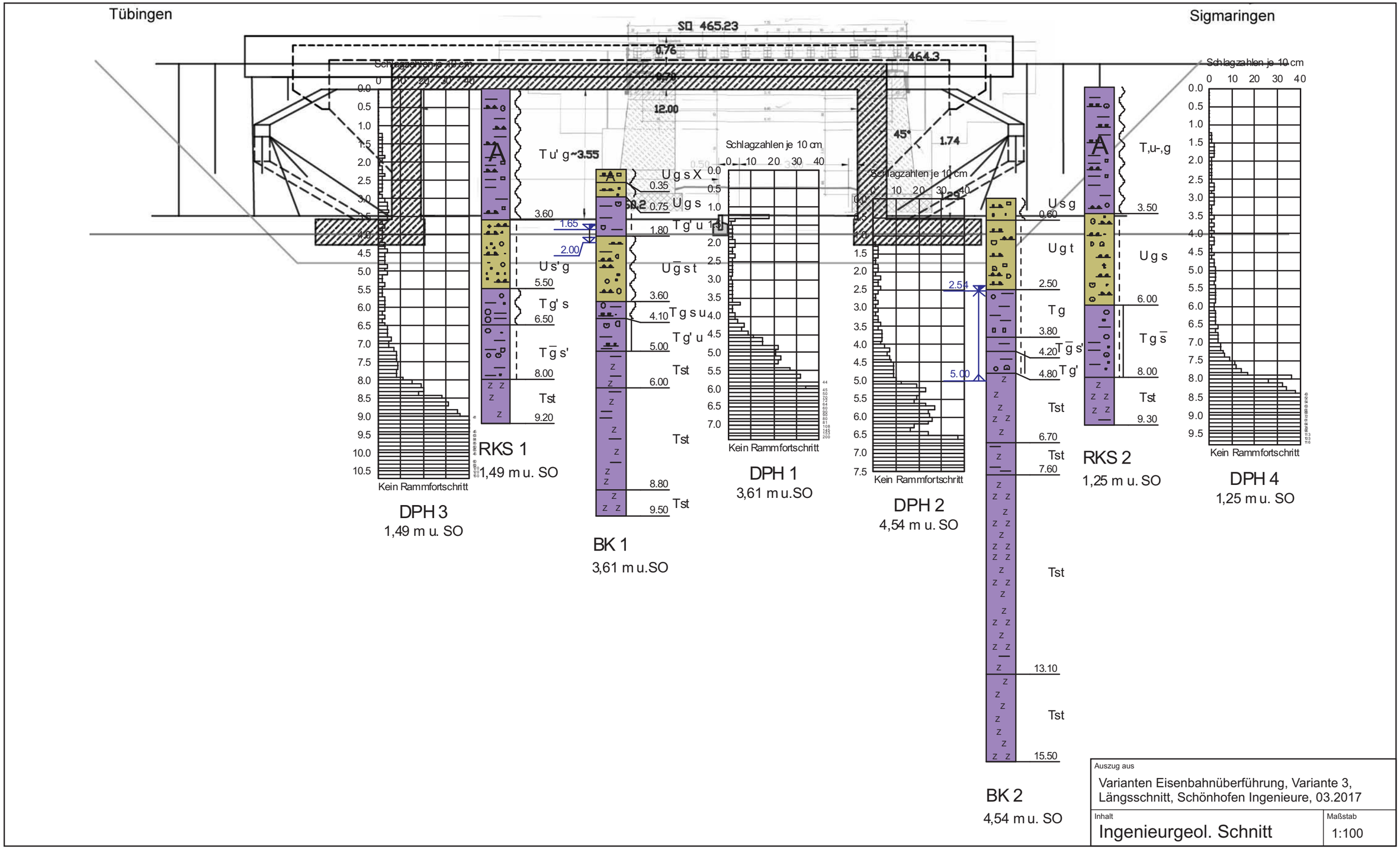
Mössingen, 21.03.2017 — Wienbroer

Ort, Datum — Probennehmer, Unterschrift

Homogenbereiche

Homogenbereiche für das Gewerk Erdarbeiten nach DIN 18300:2015-08 und Bohrarbeiten nach DIN 18304:2015-08

Homogenbereich	A	B	C
Bodenschicht (-komplex)	Feinkörnige Böden	Feinkörnige Böden mit Steinen bzw. halbfest bis fester Konsistenz	Fels
Bodengruppe nach DIN 18196 / Benennung nach DIN EN ISO 14689-1	UL, UM, OU, TL, TM	UL, OU, TL, TA	Tst
Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14689-1	--	--	0 - 5
Boden- / Felsklassen nach DIN 18300:2012-09	2 / 4	5	6 - 7
Anteil Steine und Blöcke [%]	< 30 %	bis zu > 30	--
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	--	--	--
Dichte, erdfeucht [g/cm³]	1,6 - 2,0	1,6 - 2,1	2,3 - 2,5
Kohäsion c‘ [kN/m²]	0 - 20	10 - 30	10 - 50
undränierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]	0 - 25	10 - 40	--
Einaxiale Druckfestigkeit q_u [MN/m²]	--	--	1 - 25
Abrasivität LAC [g/t]	0 - 100	0 - 500	100 - 500
Wassergehalt w [%]	5 - 35	5 - 45	--
Konsistenz	weich - steif	weich - halbfest	--
Konsistenzzahl I_C [-]	0,5 - 1	0,5 - >1	--
Plastizitätszahl I_P [-]	0,05 - 0,5	0,05 - 0,5	--
Lagerungsdichte	--	--	--
organischer Anteil [%]	0 - 20	0 - 20	--


Tübingen
Sigmaringen
SO 465.23
464.3
0.76
12.00
45°
1.74
Schlagzahlen je 10 cm
Kein Rammfortschritt
DPH 3
1,49 m u. SO
RKS 1
1,49 m u. SO
BK 1
3,61 m u.SO
DPH 1
3,61 m u.SO
DPH 2
4,54 m u. SO
BK 2
4,54 m u. SO
RKS 2
1,25 m u. SO
DPH 4
1,25 m u. SO
Tu' g~3.55
Us' g
Tg' s
Tg̅ s'
Tst
Ugs X
Ugs
Tg' u
Ugst
Tgsu
Tg' u
Usg
Ugt
Tg
Tg̅ s'
Tg'
T,u-,g
Ugs
Tg̅ s
Auszug aus
Varianten Eisenbahnüberführung, Variante 3, Längsschnitt, Schönhofen Ingenieure, 03.2017
Inhalt
Ingenieurgeol. Schnitt
Maßstab
1:100