

augeon GmbH & Co. KG
Nebeniusstraße 36
76137 Karlsruhe
Telefon 0721 6803700
Telefax 0721 6803702
augustin@augeon.de
www.augeon.de

Geotechnisches Gutachten

Auftraggeber/Bauherr:	Gemeinde Pfinztal Fachbereich IV Bauen und Planen Kußmaulstraße 3 76327 Pfinztal (Söllingen)
Bauvorhaben:	Neubau Straßenüberführung Strecke 4200, km 10,089
Projektnr.:	12.119
ergänzende Gutachten:	12.118 und 12.129
Datum des Gutachtens:	21. 06. 2013 (Stü/Zie/Grü)

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Vorgang und Auftrag	3
2	Unterlagen	3
3	Baugelände und Baumaßnahme	3
4	Baugrundaufschlüsse	3
5	Baugrundverhältnisse	4
5.1	Regionale Geologie	4
5.2	Bodenart und Schichtenfolge	4
5.3	Hydrogeologische Verhältnisse	5
5.4	Untersuchungen der Bohrkern	5
5.5	Geotechnische Baugrundkenngößen	6
5.6	Erdbebenzone	7
6	Empfehlungen zur Baumaßnahme	7
6.1	Gründung der Brückenwiderlager auf Bohrpfählen	7
6.2	Alternative Flachgründung der Brückenwiderlager	8
6.3	Angaben zur Stützwand	9
6.4	Angaben zur Bohrpfahlwand	9
6.5	Angaben zum Straßenneubau	11
6.6	Arbeitsraumverfüllungen	11
7	Hinweise zur Bauausführung	12
8	Schlussbemerkungen	12

Anlagenverzeichnis

1	Übersichtsplan, M. 1:25.000
2	Lageplan, M. 1:1.000
3.1 – 3.3	Fotodokumentation
4.1 – 4.4	Rammdiagramme und Bohrprofile, M. 1:125
5	Ingenieurgeologischer Schnitt, M. 1:200
6.1 – 6.4	Ergebnisse der Laborversuche
7	Prüfungszeugnis über den Nachweis der Druckfestigkeit an Bohrkernen
8	Prüfberichte der chemischen Untersuchungen
9	Probenahmeprotokoll

1 Vorgang und Auftrag

Im Zuge der Beseitigung des Bahnübergangs bei km 10,330 in Kleinsteinbach, plant die Gemeinde Pfinztal den Neubau einer Straßenüberführung (SÜ) bei km 10,089 der Strecke 4200. Für eine wirtschaftliche, bautechnisch sinnvolle und sichere Planung, Ausschreibung und Bauausführung sind geotechnische Angaben über den Baugrundaufbau erforderlich. Daher wurde das Ingenieurbüro augeon GmbH & Co. KG auf der Grundlage der schriftlichen Bestellung vom 15. 11. 2012 mit der Durchführung von Erkundungen sowie der Ausarbeitung eines geotechnischen Gutachtens beauftragt.

2 Unterlagen

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

- [1] Topografische Karte, Blatt 7017 - Pfinztal, M. 1:25.000,
- [2] Geologische Übersichtskarte von Baden-Württemberg, Blatt 1, M. 1:200.000, Geologisches Landesamt in Baden-Württemberg, 1962,
- [3] Lageplan, Entwurf, M. 1:500, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 24. 05. 2011,
- [4] Bauwerksplan, Entwurf, M. 1:100 und M. 1:20, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 29. 04. 2011,
- [5] Höhenplan Achse 1, Entwurf, M. 1:500, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 24. 05. 2011,
- [6] Regelquerschnitte, Entwurf, M. 1:50, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 29. 04. 2011,
- [7] Geotechnische Gutachten 12.118 und 12.129, augeon GmbH & Co. KG,
- [8] Grundbautaschenbuch, Ulrich Smoltczyk, Ernst & Sohn Verlag Berlin, 6. Auflage, März 01,
- [9] Vorschriften, Richtlinien, DIN-Normen, Technische Regelwerke und Empfehlungen (an entsprechender Stelle genauer benannt).

3 Baugelände und Baumaßnahme

Das Baugelände befindet sich am Ortseingang von Kleinsteinbach und kreuzt die DB-Strecke 4200 sowie die B 10. Des Weiteren befinden sich in der näheren Umgebung ein Friedhof, eine Kläranlage sowie Streuobstwiesen und industrielle bzw. gewerbliche Bebauung.

Die vorhandene DB-Strecke liegt in einem Einschnitt. Das Gelände steigt steil in Richtung Osten an und fällt nach der Böschungsschulter wieder in Richtung Osten ab. Nach Westen steigt das Gelände ebenfalls bis zur B 10 steil an und steigt im Anschluss weiter in Richtung Westen (Falkenweg) an. Die Lage des Baugeländes ist den Anlagen 1 und 2 sowie 5 zu entnehmen.

Als Baumaßnahme ist der Neubau eines Brückenbauwerkes (SÜ) geplant. Durch die erforderlichen Geländeeinschnitte ist zusätzlich der Neubau von Stützwänden vorgesehen.

4 Baugrundaufschlüsse

Zur Erstellung des Gutachtens wurden im Zeitraum vom 18. 03. bis 10. 04. 2013 folgende Arbeiten durchgeführt:

- 4 Handschachtungen zur Sicherstellung der Kabel- und Leitungsfreiheit,
- 2 Kernbohrungen (BK) mit Tiefen von 20,3 m und 21,2 m unter GOK,

- 1 Bohrsondierung (BS) mit einer Tiefe von 8,0 m unter GOK,
- 4 Rammsondierungen (DPH) mit Tiefen zwischen 9,25 m und 12,66 m unter GOK,
- 4 Bestimmungen des Wassergehalts nach DIN 18121,
- 4 Bestimmungen der Zustands-/Konsistenzgrenzen nach DIN 18122,
- 3 Bestimmungen der Druckfestigkeit und Rohdichte an Bohrkernen,
- 1 Wasseranalyse auf Betonaggressivität,
- Entnahme einer Grundwasserprobe,
- Entnahme von insgesamt 19 gestörten Boden- und 8 Felsproben.

Die Wahl der Erkundungspunkte richtete sich nach den Gegebenheiten vor Ort. Die Ansatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und sind dem Lageplan der Anlage 2 zu entnehmen. Die Bohrungen und Sondierungen wurden fotografiert (Anlage 3), beprobt und nach bodenmechanischen Gesichtspunkten angesprochen. In den Anlagen 4 und 5 sind die Erkundungsergebnisse grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Laborversuche, der Druckfestigkeitsprüfung und der Grundwasseranalytik sowie das entsprechende Probenahmeprotokoll können den Anlagen 6 – 9 entnommen werden.

5 Baugrundverhältnisse

5.1 Regionale Geologie

Nach der geologischen Karte von Baden-Württemberg befindet sich das Baugebiet im Bereich des oberen Buntsandsteins. Bereichsweise kann auch unterer Muschelkalk anstehen. Überlagert werden die Festgesteine überwiegend von mächtigen Lössschichten.

5.2 Bodenart und Schichtenfolge

Die Schichtungen im Untersuchungsgelände sind relativ einheitlich ausgebildet. Die angetroffenen Böden können zu den vier folgenden Schichten bzw. Schichtkomplexen zusammengefasst werden:

- **Oberboden / Gehwegbefestigung**
- **Schluffe und Tone**
- **Verwitterungszone**
- **Sandstein**

Im Bereich des östlichen, geplanten Widerlagers (BK 1, BS 1) wurde in den oberen 0,30 m **Oberboden** angetroffen. Dieser besteht aus Schluff. Die Konsistenz wurde am Erkundungstag mit steif, die Farbe mit dunkelbraun angesprochen. Der Oberboden kann nach DIN 18196 der Bodengruppe UL zugeordnet werden und ist demnach gemäß DIN 18300 in die Bodenklasse 4 einzustufen.

BK 2 wurde auf dem östlichen Gehweg an der B 10 ausgeführt. Der **Gehweg** ist mit 8 cm grauem Betonpflaster befestigt. Unterhalb der Pflasterbettung steht eine 20 cm mächtige Schottertragsschicht (STS) und eine 20 cm mächtige Gestüklage aus rotbraunem Sandstein an. Die STS kann nach DIN 18196 der Bodengruppe GE und nach DIN 18300 der Bodenklasse 3, das Gestück der Bodenklasse 5 zugeordnet werden. Gemäß ZTVE-StB 09 sind die Böden der Tragschichten nicht frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F1).

Im Anschluss an den Oberboden bzw. die Gehwegbefestigung wurden im Untersuchungsgebiet **Schluffe** und **Tone** angetroffen. Bei den Schluffen handelt es sich überwiegend um Löss. Die Farbe der bindigen Böden wurde mit braun, hellbraun bzw. beige angesprochen, die Konsistenz war am Erkundungstag steif bzw. steif bis halbfest und halbfest. Die Schluffe und Tone können als gut rammpbar beurteilt und in die Bodengruppen UL, UM, TL und TM eingestuft werden. Nach DIN 18300 gehören die Böden der Bodenklasse 4 an.

Ab ca. 11,50 m (147,5 mNN, BK 1) bzw. 7,80 m (148,2 mNN, BK 2) beginnt der Übergang zum Festgestein (**Verwitterungszone**). Dieser besteht aus einer Sandstein-Ton-Matrix mit sandigen und kiesigen Anteilen. Die Farbe wurde mit violett sowie braun bis rotbraun, die Konsistenz mit steif angesprochen. Die Verwitterungszone kann als schwer bis nicht rammpbar bezeichnet und überwiegend den Bodengruppen UL und TM sowie den Bodenklassen 5 – 6 zugeordnet werden.

Ab ca. 12,60 m (146,4 mNN, BK 1) bzw. 9,00 m (147,0 mNN, BK 2) steht rotbrauner bis violetter **Sandstein** an. Der Sandstein ist schwach bis mäßig verwittert sowie überwiegend hart. Vereinzelt sind auch mäßig verwitterte, mürbe Lagen zwischengelagert. Dies ist auf die variierenden Bindemittel im Sandstein (Ton, Karbonat, Silikat) zurückzuführen. Bereichsweise treten auch kleine und größere Tonsteinlagen auf. Die Klüftung des Festgesteins ist in den oberen 5 m engstündig und geht mit zunehmender Tiefe in mittelständig über. Die Klüfte sind überwiegend mit einer Matrix aus Ton, Sand und Kies verfüllt. Der Fels ist gemäß DIN 18300 in die Felsklasse 7 einzustufen sowie nach DIN 18301 in die Klassen FV2 – FV6 und maximal FD3.

5.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Bei den Erkundungsarbeiten wurde in beiden Bohrungen Grundwasser angebohrt. Die nach dem Bohren eingemessenen Tiefen schwanken zwischen 146,2 mNN (BK 1) und 145,2 mNN (BK 2) und sind durch den Bohrvorgang sowie durch die Klüftung im Fels beeinflusst. Zeitweise ist mit halbgespannte Grundwasserverhältnissen zu rechnen.

Das anstehende Grundwasser wurde bei BK 2 in einer Tiefe von 10,80 m unter GOK entnommen und auf seine Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht. Anhand der durchgeführten Untersuchung kann das Grundwasser als nicht angreifend eingestuft werden (siehe Anlagen 8 und 9).

5.4 Untersuchungen der Bohrkerne

An repräsentativen Bohrkernen wurden für die Ermittlung der Druckfestigkeit, der Bruchlast und der Rohdichte Laborversuche durchgeführt. Dabei wurden Kernstücke aus dem im Untergrund anstehenden Fels untersucht. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den ausgewählten Bohrkernen um schwach verwitterte Felsproben handelt. Die ermittelten Kennwerte stellen daher eher die Obergrenze dar und sind nicht für den stärker verwitterten Fels anzusetzen. Die einzelnen Ergebnisse können der folgenden Tabelle und der Anlage 7 entnommen werden.

Tabelle 1: Prüfergebnisse der entnommenen Bohrkerne

Proben Nr.	Material	Entnahmetiefe [m]	Rohdichte [kg/dm ³]	Druckfestigkeit N/mm ²	Felsklasse nach DIN 18301
BK 1	Sandstein	15,00 – 15,30	2,310	122,1	FD 3
BK 2	Sandstein	10,49 – 10,72	2,346	124,2	FD 3
BK 2	Sandstein	12,00 – 12,35	2,323	114,8	FD 3

5.5 Geotechnische Baugrundkenngößen

Anhand der Erkundungsergebnisse und aufgrund von Erfahrungen wurden die in der Tabelle 2 zusammengestellten Bodenkennwerte festgelegt. Die Werte bilden eine Grundlage für erdstatische Berechnungen oder Nachweise.

Tabelle 2: charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngößen

Schichtkomplex	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Konsistenz / Lagerungsdichte / Festigkeit	Wichte, erdfeucht cal γ^* [kN/m ³]	Reibungswinkel cal φ [°]	Kohäsion cal c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Oberboden	SCHLUFF	UL	4	steif	19 (9)	30,0	5	5
Schluffe	SCHLUFF, sandig, schwach tonig	UL	4	steif	19 (9)	30,0	5	5
				steif - halbfest	19,5 (9,5)	30,0	7	10
	SCHLUFF, tonig	UM	4	halbfest	19 (9)	27,5	15	12
Tone	TON, schluffig	TL	4	steif	20 (10)	27,5	15	5
				steif - halbfest	20,5 (10,,5)	27,5	20	7,5
		TM	4	steif	19 (9)	25,0	20	4
Verwitter- ungszone	SANDSTEIN, SCHLUFF, TON	UL	5 – 6	steif	19 (9)	32,5	5	60
		TM	5 – 6	steif	20 (10)	30,0	20	50
Fels	SANDSTEIN	-	7	mürb	24	37,5	30	100
			7	hart	25	40,0	50	500

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 3 zu erfüllen. Recyclingmaterial kann, wenn es den Anforderungen entspricht und chemisch unbedenklich ist, verwendet werden.

Tabelle 3: spezifische Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe nach DIN 18196:	Nichtbindige, grobkörnige Böden (GW, GI, SW, SI)
Schlammkornanteil ($d \leq 0.063$ mm):	≤ 5 Gew. %
Steinanteil ($d \geq 63$ mm):	≤ 10 Gew. %
Größtkorndurchmesser $d_{\max}$	≤ 100 mm, in Abhängigkeit von der Schichtdicke
Glühverlust V_{GI}	≤ 3 Gew. %
Proctordichte ρ_{Pr}	≥ 1800 kg/m ³
Einbau und Verdichtung	Lagenweise
Schütthöhe:	je nach Verdichtungsgerät 20 - 40 cm
Wichte erdfeucht γ	18 - 21 kN/m ³
Scherwinkel φ'	32,5 - 35°
Kohäsion c'	(0 kN/m ²)

Die Verdichtungsanforderung liegt bei 97 % der Proctordichte. Im Bereich vom Planum bis 0,5 m darunter sind $D_{Pr} \geq 100$ % zu erreichen. Für Hinterfüllungen und unter Gründungssohlen wird generell $D_{Pr} \geq 100$ % gefordert.

5.6 Erdbebenzone

Das Baugelände kann nach DIN 4149:2005-04 der Erdbebenzone 1 zugeordnet werden. Somit muss der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung mit $a_g = 0,4$ m/s² angesetzt werden. Des Weiteren kann der vorhandene Baugrund in die Baugrundklasse B und die Untergrundklasse R eingestuft werden. Die sich daraus ergebene B-R Kombination ergibt einen Untergrundparameter S von 1,25.

6 Empfehlungen zur Baumaßnahme

6.1 Gründung der Brückenwiderlager auf Bohrpfählen

Aufgrund der im Gründungsniveau (148,82 mNN) anstehenden, gering tragfähigen Schluffe und Tone wird eine Pfahlgründung empfohlen. Für eine Flachgründung der Widerlager auf Einzelfundamenten ist ein erheblicher Mehraufwand an Bodenaushub erforderlich. Daher wird eine Flachgründung im Weiteren nur als Alternative betrachtet.

Die Tiefgründung des Brückenbauwerks auf Bohrpfählen setzt einen entsprechend tragfähigen Untergrund voraus. Dieser befindet sich ab Beginn des Festgesteins in einer Tiefe von etwa 4,70 m unter SO bzw. ab 147,0 mNN. Aufgrund des angetroffenen höheren Verwitterungsgrades und der geringeren Festigkeit in den oberen Bereichen, sind die Pfähle bis mindestens 145,0 mNN auszuführen. Somit ergibt sich eine Pfahllänge von 3,8 m. Die Bohrpfähle sind aufgrund der Grundwasserverhältnisse verrohrt herzustellen. Um Einschnürungen zu vermeiden, muss erst im Kontraktorverfahren betoniert und dem Beton folgend die Verrohrung gezogen werden.

Für die Einleitung der vertikalen Lasten können für die Bemessung die folgenden Pfahlspitzenwiderstände $q_{b,k}$ und die Mantelreibungen $q_{s,k}$ angesetzt werden:

Tabelle 4: Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ und Mantelreibungen $q_{s,k}$ für Bohrpfähle

Tiefe [mNN]	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²] bei s/D bzw. s/D _F			Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
	0,02	0,03	0,10	
bis 146,8	-	-	-	0,025
146,8 – 145,0	-	-	-	0,200
ab 145,0	6,0	6,0	6,0	0,500

Diese Werte gelten für Einzelpfähle. Ist der Abstand der Pfahlachsen im Bereich der Krafteintragslänge $\leq 2,5 - 3 d$, so ist die Gruppenwirkung zu beachten (Abminderungen). Sollen Horizontalkräfte über Biegung der Bohrpfähle abgeleitet werden, so ist die seitliche Bettung zu berücksichtigen.

Soll die Bemessung auf Biegung mit dem Bettungsmodulverfahren erfolgen, so kann für den Bettungsmodul folgender Ansatz gewählt werden:

$$k_s = E_s/D \text{ für } D \leq 1,0 \text{ m, sonst } k_s = E_s/1\text{m}$$

Zur Kontrolle können die berechneten seitlichen Bodenpressungen mit dem Erdwiderstand verglichen werden. Hierbei ist ein entsprechender Sicherheitsbeiwert von mind. 2, bei Begrenzung der Verformungen von mind. 3 zu berücksichtigen.

Sollten aus statischen Gründen andere Kenngrößen erforderlich werden, bitten wir um Benachrichtigung.

6.2 Alternative Flachgründung der Brückenwiderlager

Alternativ zur Bohrpfahlgründung können die Widerlager auch flach gegründet werden. Aufgrund der anstehenden bindigen Böden wird hierfür allerdings ein Bodenaustausch bis zum Fels (146,8 mNN) erforderlich. Der Boden ist aus Material gemäß Tabelle 3 und unter Beachtung einer Lastausbreitung von 45° herzustellen.

Nach derzeitigem Planungsstand liegen keine genauen Angaben zu den vorhandenen Pressungen vor. Für eine Flachgründung können bei einem Bodenaustausch bis zum Fels (ca. 1,8 m) die in Tabelle 5 angegebenen zulässigen Bodenpressungen angesetzt werden. Die Breite der Fundamente wurde dabei zwischen 1,0 m und 2,0 m angesetzt.

Tabelle 5: zulässige Bodenpressungen für Widerlager, Setzungen $s_{cal} \leq 0,5 \text{ cm}$ bis $s_{cal} \leq 2,0 \text{ cm}$

Mächtigkeit Bodenaustausch [m]	1,8
Fundamentabmessung [m]	5,5 x 10,0
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 0,5 \text{ cm}$	240
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 1,0 \text{ cm}$	430
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 2,0 \text{ cm}$	790

Die in Tabelle 5 angegebenen zulässigen Bodenpressungen führen zu den angegebenen rechnerischen Setzungen von 0,5 cm bis 2,0 cm. Die nach unseren Erfahrungen wahrscheinlich zu erwartenden Setzungen werden etwa bei 2/3 des rechnerischen Wertes liegen.

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, mittig belastete Fundamente (LF1), die im Falle von Horizontalbelastungen mit dem Abminderungsfaktor $(1-H/V)^2$ zu multiplizieren sind. Zwischenwerte für Fundamentbreiten, die nicht in Tabelle 5 ausgewiesen sind, können linear interpoliert werden. Eine Extrapolation ist nicht zulässig.

6.3 Angaben zur Stützwand

Aufgrund des teils erforderlichen tiefen Geländeeinschnitts ist der Neubau von Stützwänden geplant. Zum einen ist dies eine 10 m hohe Bohrpfahlwand und zum anderen eine 4 m hohe Stützwand. Die Stützwand ist hierbei als Gabionenwand vorgesehen.

Nach Angabe des Planers gründet die Stützwand frostfrei bei ca. 1,0 m unter GOK. Die Stützwand kann flach gegründet werden. Die Fundamente kommen in steifen - halbfesten Tonen zu liegen (siehe BS 1). Diese sind nur als bedingt tragfähig einzustufen. Daher ist unterhalb der Fundamente ein Bodenaustausch mit Material gemäß Tabelle 3 herzustellen.

Für eine Flachgründung können in Abhängigkeit der Mächtigkeit des Bodenaustauschs die in Tabelle 6 angegebenen zulässigen Bodenpressungen angesetzt werden. Die Breite der Fundamente wurde dabei zwischen 1,0 m und 2,0 m angesetzt.

Tabelle 6: zulässige Bodenpressungen für Gabionenstützwand, Setzungen $s_{cal} \leq 1,0$ cm bzw. $s_{cal} \leq 2,0$ cm

Mächtigkeit Bodenaustausch [m]	0,5			1,0		
Fundamentbreite [m]	1,00	1,50	2,00	1,00	1,50	2,00
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 1,0$ cm	135	115	105	160	130	115
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 2,0$ cm	195	160	140	230	185	160

Die in Tabelle 6 angegebenen zulässigen Bodenpressungen führen zu den angegebenen rechnerischen Setzungen von 1,0 cm bzw. 2,0 cm. Die nach unseren Erfahrungen wahrscheinlich zu erwartenden Setzungen werden etwa bei 2/3 des rechnerischen Wertes liegen.

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, mittig belastete Fundamente (LF1), die im Falle von Horizontalbelastungen mit dem Abminderungsfaktor $(1-H/V)^2$ zu multiplizieren sind. Zwischenwerte für Fundamentbreiten, die nicht in Tabelle 6 ausgewiesen sind, können linear interpoliert werden. Eine Extrapolation ist nicht zulässig.

Entwässerung:

Es ist mit einem von Jahreszeit und Witterung abhängigen Andrang von Schichtwasser (Hangwasser) zu rechnen. Daher ist hinter der Stützwand eine Entwässerung vorzusehen und der Arbeitsraum zwischen Böschung und Stützwand mit einer Drainageschicht zu hinterfüllen (filterstabiles Geotextil + Drainageschicht aus einem Kies-Sandgemisch).

6.4 Angaben zur Bohrpfahlwand

Im Bereich der geplanten Bohrpfahlwand (Baugrenze zur Kläranlage) wurde ab einer Tiefe von 145,6 mNN Fels erkundet. Die Bohrpfahlwand ist daher nach den statischen Erfordernissen im anstehenden Fels zu gründen.

Rückverankerung der Bohrpfehlwand:

Aufgrund der großen Wandhöhe ist eine Rückverankerung erforderlich. Für die Vorbemessung der Rückverankerung der Bohrpfehlwand können in Abhängigkeit der Verpresskörperlänge folgende in Bild 1 dargestellte Mantelreibungen für einen vollständig in den bindigen Böden angeordneten Verpresskörper angesetzt werden.

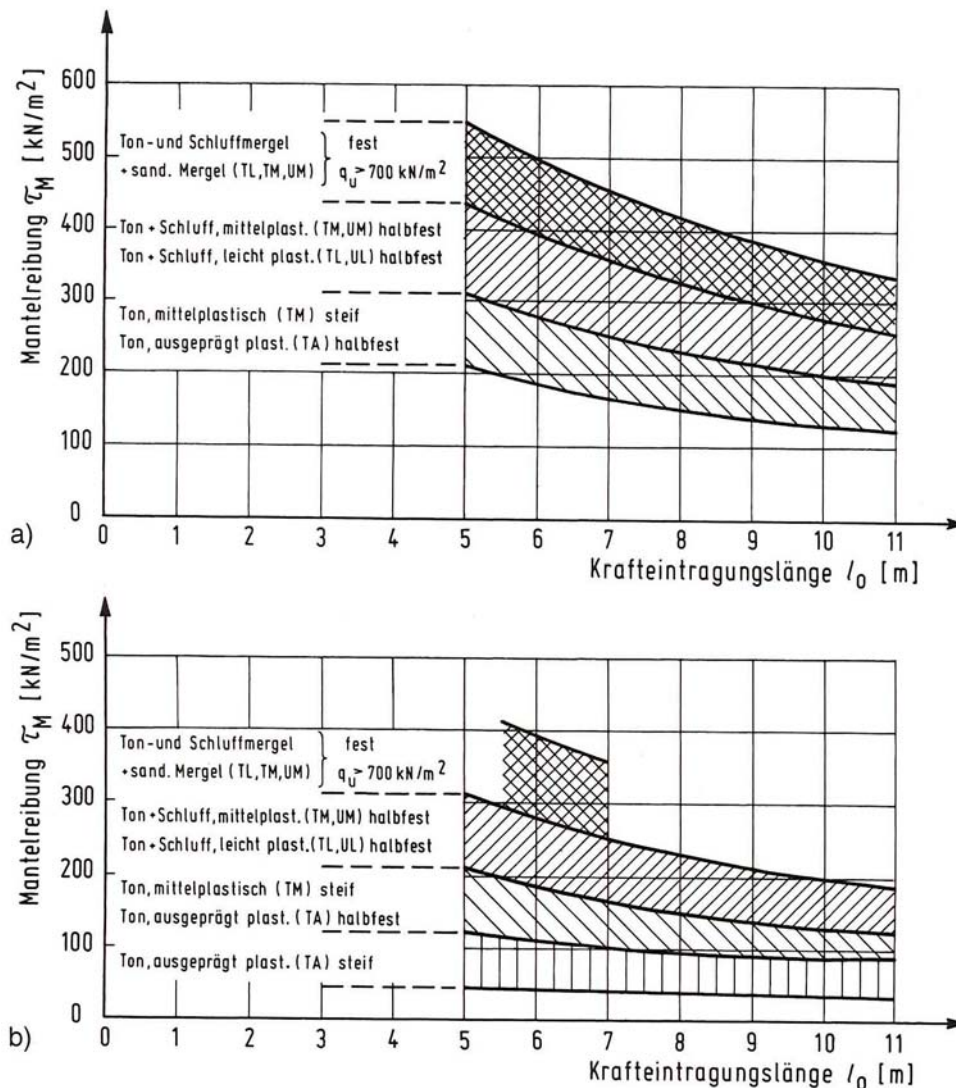


Bild 1: Grenzwerte der mittleren Mantelreibung bei Ankern in bindigen Böden nach [8]

a) mit Nachverpressen, b) ohne Nachverpressen

Für das Baugebiet kann ein steifer - halbfester Ton oder Schluff (TL, TM, UL, UM) angesetzt werden. Ab 145,6 mNN ist mit Fels (Sandstein) zu rechnen. Die Krafteinwirkungslänge der Anker beträgt im Fels mindestens 3,00 m. Für den anstehenden Fels kann ein Mantelreibungswert von

$$\text{cal}\tau_M = 0,7 \text{ MN/m}^2$$

angesetzt werden. Die Krafteintragungslänge sollte ganz im bindigen Boden oder ganz im Fels liegen, Übergangsbereiche sind zu vermeiden. Die o. g. Werte der Mantelreibung sind Grenzwerte. Bei der Festlegung der zulässigen Ankerbelastung / Gebrauchslast sind noch die entsprechenden Sicherheitsbeiwerte zu berücksichtigen. Des Weiteren ist der Nachweis der Standsicherheit des Gesamtsystems, bestehend aus Bauwerk, Ankern und dem von den Ankern erfassten Bodenkör-

per, zu führen. Wir empfehlen Schläuche für eine mögliche Nachverpressung mit einzubauen. Die Tragfähigkeit jedes Ankers muss vor Ort geprüft werden. Die DIN EN 1537 ist beachten.

6.5 Angaben zum Straßenneubau

Zwischen der neuen SÜ und der bestehenden Industriestraße ist der Neubau einer Verbindungsstraße geplant. Die Straße soll in der Belastungsklasse (BK) 3,2 hergestellt werden. Gemäß RStO 12 ist ein insgesamt 0,65 m mächtiger frostsicherer Aufbau (Frosteinwirkungszone I) erforderlich. Die anstehenden Böden sind weder ausreichend frostsicher (F3) noch ausreichend tragfähig. Somit wird ein Vollausbau erforderlich. Da die bindigen Böden im Bereich des Erdplanums die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erfahrungsgemäß nicht erbringen werden, ist zusätzlich der Einbau eines Bodenaustausches (BA) erforderlich. Dieser ist mit Material gemäß Tabelle 3 und mit einer Mächtigkeit von 25 cm herzustellen. Somit ergibt sich eine Umbautiefe von 0,90 m unter FOK. Zwischen Untergrund und BA wird der Einbau eines Vlieses (GRK 4) empfohlen.

Alternativ zum BA können die anstehenden bindigen Böden bis mindestens 1,00 m u. FOK mit Kalk-Zement verfestigt werden. Bei den vorhandenen Verhältnissen ist eine Bindemittelzugabe von etwa 3 – 5 % des Bodentrockengewichts sowie mindestens 2 Fräsübergänge erforderlich. Die genaue Menge an Bindemittel ist anhand von Probefeldern zu ermitteln. Auf dem Planum ist nach der Bodenverfestigung ein $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Hinweise zum Anlegen von Böschungen:

Nach den Erkundungsergebnissen stehen im Bereich der neu geplanten Verbindungsstraße bzw. der zukünftigen Böschung überwiegend steife bindige Böden an. Entsprechend der ZTVE-StB 09 ist bei den bindigen Böden ein Böschungswinkel von 33° (Neigung 1:1,5) anzusetzen. Je nach Böschungshöhe sind auch steilere Neigungen möglich. Sollte aus Platzgründen diese Neigung nicht realisierbar sein, so können zusätzlich Sicherungsmaßnahmen z. B. in Form einer Gabionen- bzw. Natursteinwand, mittels Stahlgitterelementen oder eine Sicherung durch den Einsatz von Geokunststoffen vorgesehen werden.

6.6 Arbeitsraumverfüllungen

Eine Wiederverfüllung von Arbeitsräumen mit den anstehenden Böden ist aufgrund der bindigen Anteile aus geotechnischer Sicht als problematisch anzusehen. Ungleichmäßige Setzungen wären nicht auszuschließen. Daher wird zur Verfüllung von Arbeitsräumen die Verwendung eines Kiessandgemisches (entsprechend Tabelle 3) mit einer guten Kornabstufung und Verdichtbarkeit empfohlen. Das Austauschmaterial ist lagenweise einzubauen und auf eine Proctordichte von $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Das Verdichtungsverfahren (statisch, dynamisch), das Verdichtungsgerät und die Verdichtungsleistung (Lagendicken, Arbeitsgänge) sind an die jeweilige Bodenart anzupassen. Es sind Eigenüberwachungsprüfungen und Kontrollprüfungen vorzusehen, da mögliche Setzungen im Widerlagerbereich sowie der damit verbundene Unterhaltungsaufwand (insbesondere bei dem hier anstehenden, gegenüber dynamischen Beanspruchungen empfindlichen Baugrund) maßgeblich von Einbau und Verdichtung der Arbeitsraumverfüllungen abhängig sind. Zur Arbeitsraumverfüllung wird weiterhin auf die ZTVE-StB 09 und die Ril 836.0504 sowie die einschlägigen Vorschriften verwiesen.

7 Hinweise zur Bauausführung

Baugruben können nach DIN 4124 geböscht mit einem Böschungswinkel von 45° (nichtbindige oder weiche bindige Böden), bzw. 60° (steife oder halbfeste bindige Böden) hergestellt werden. Zum Schutz der bindigen Böden gegen Witterungseinflüsse wird empfohlen die Oberflächen der Böschungen z. B. mit Folie abzudecken.

Die anstehenden Böden sind für einen möglichen Verbau bis zum anstehenden Fels gut rammbar. Im Bereich des Fels ist ein Vorbohren erforderlich. Der notwendige Durchmesser der Vorbohrung ist abhängig vom verwendeten Träger- oder Spundwanddurchmesser. Es wird darauf hingewiesen, dass entsprechende Lockerungsbohrungen keinesfalls tiefer als die geplante Träger- oder Spundwandlänge auszuführen sind.

Da mögliche Setzungen sowie der damit verbundene Unterhaltungsaufwand maßgeblich von Einbau und Verdichtung der Arbeitsraumverfüllungen abhängig sind, wird nochmals auf die sach- und fachkundige Ausführung und Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten hingewiesen.

Für eine eventuell geplante Verwertung/Entsorgung von Bodenaushub sind umwelttechnische Analysen erforderlich. Diesbezüglich wird auf die „Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ verwiesen.

8 Schlussbemerkungen

Für den geplanten Neubau einer Straßenüberführung bei km 10,089 in Kleinsteinbach wurden durch das Ingenieurbüro augeon GmbH & Co. KG Baugrunderkundungen durchgeführt.

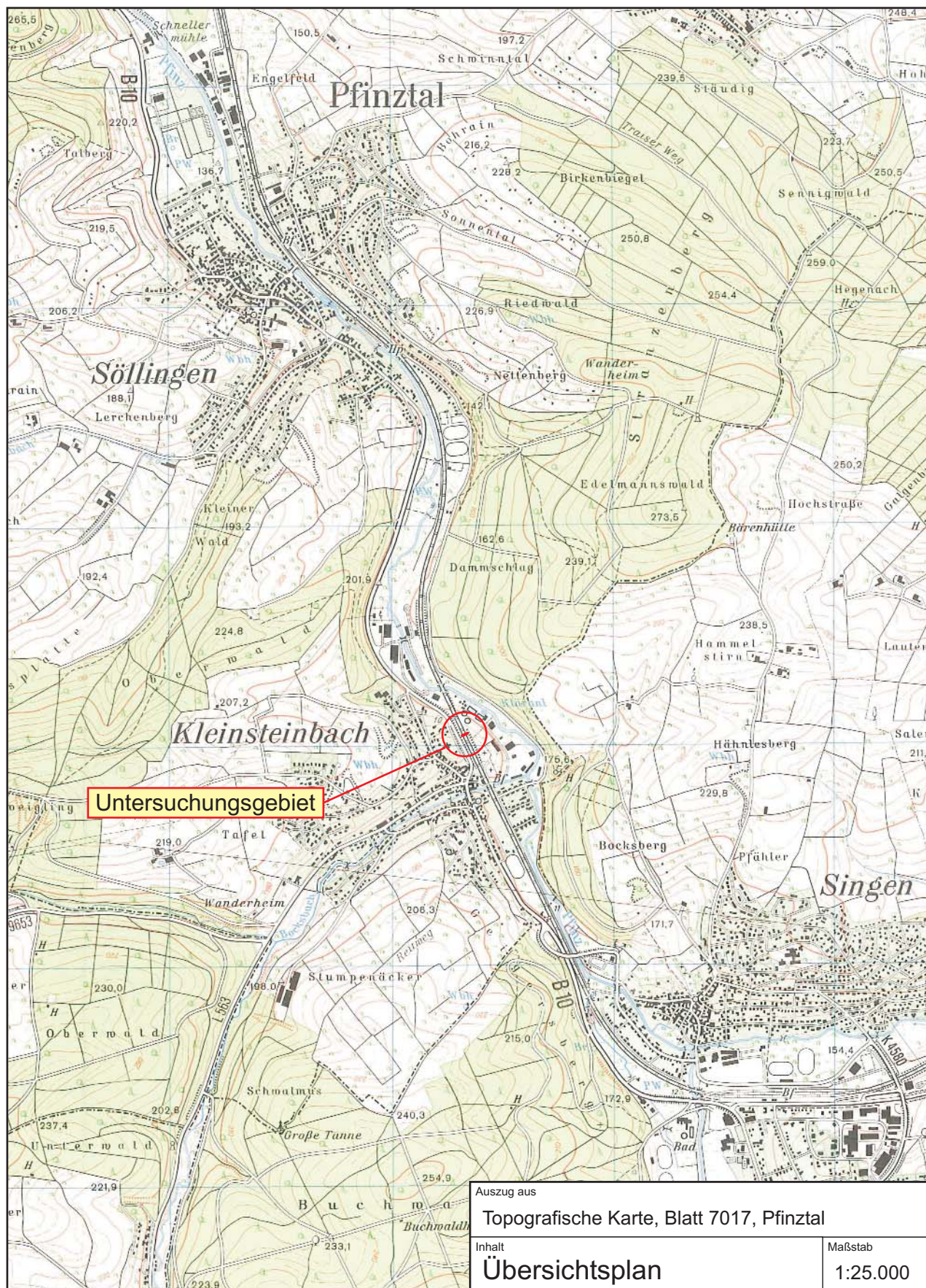
Anhand der Untersuchungsergebnisse, der Geländeaufnahme und der zur Verfügung stehenden Unterlagen wurde dieses geotechnische Gutachten ausgearbeitet. Darin werden Angaben zur Bemessung, Gründung und Bauausführung der geplanten Maßnahme gemacht.

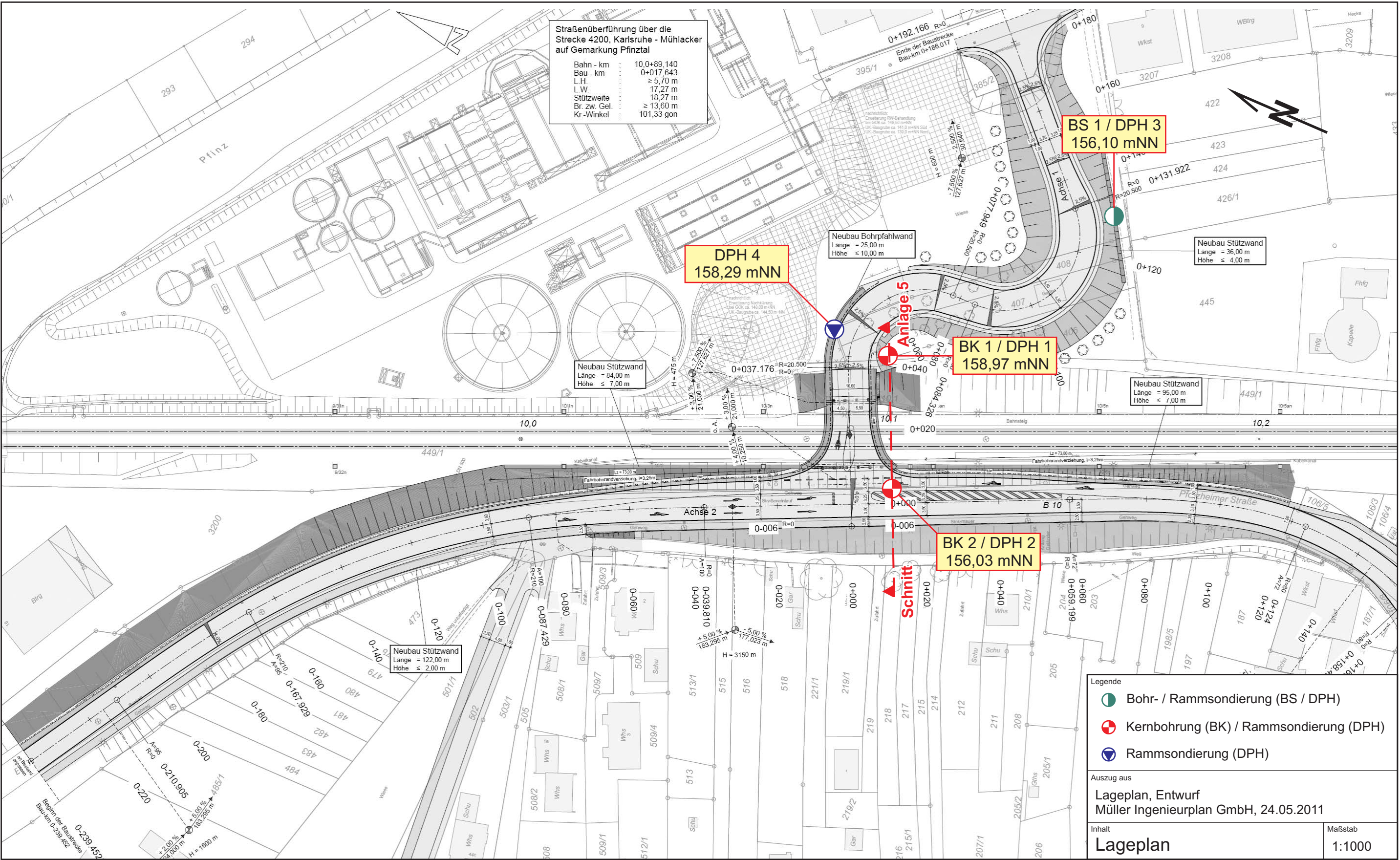
Die angegebenen Empfehlungen besitzen nur für die geplante Baumaßnahme Gültigkeit. Aufgrund sich verändernder Schichtmächtigkeiten, Bodenverhältnisse und hydrologischer Randbedingungen sind die Ergebnisse auf andere Bereiche nicht ohne weitere Überprüfung übertragbar. Prinzipiell sind Abweichungen in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

Dieses geotechnische Gutachten besitzt nur in seiner Gesamtheit Verbindlichkeit.

Dr.-Ing. Sven Augustin

Dipl.-Ing. (FH) Randy Stübner





Fotodokumentation



Foto 1: Übersicht bei BK 1 / DPH 1



Foto 2: Übersicht bei BK 2 / DPH 2



Foto 3: Übersicht bei DPH 2



Foto 4: Übersicht bei DPH 3



Foto 5: Übersicht bei BS 1



Foto 6: Übersicht bei DPH 4



Foto 7: Bohrkern BK 1 von 0,0 m bis 11,0 m



Foto 8: Bohrkern BK 1 von 11,0 m bis 21,2 m



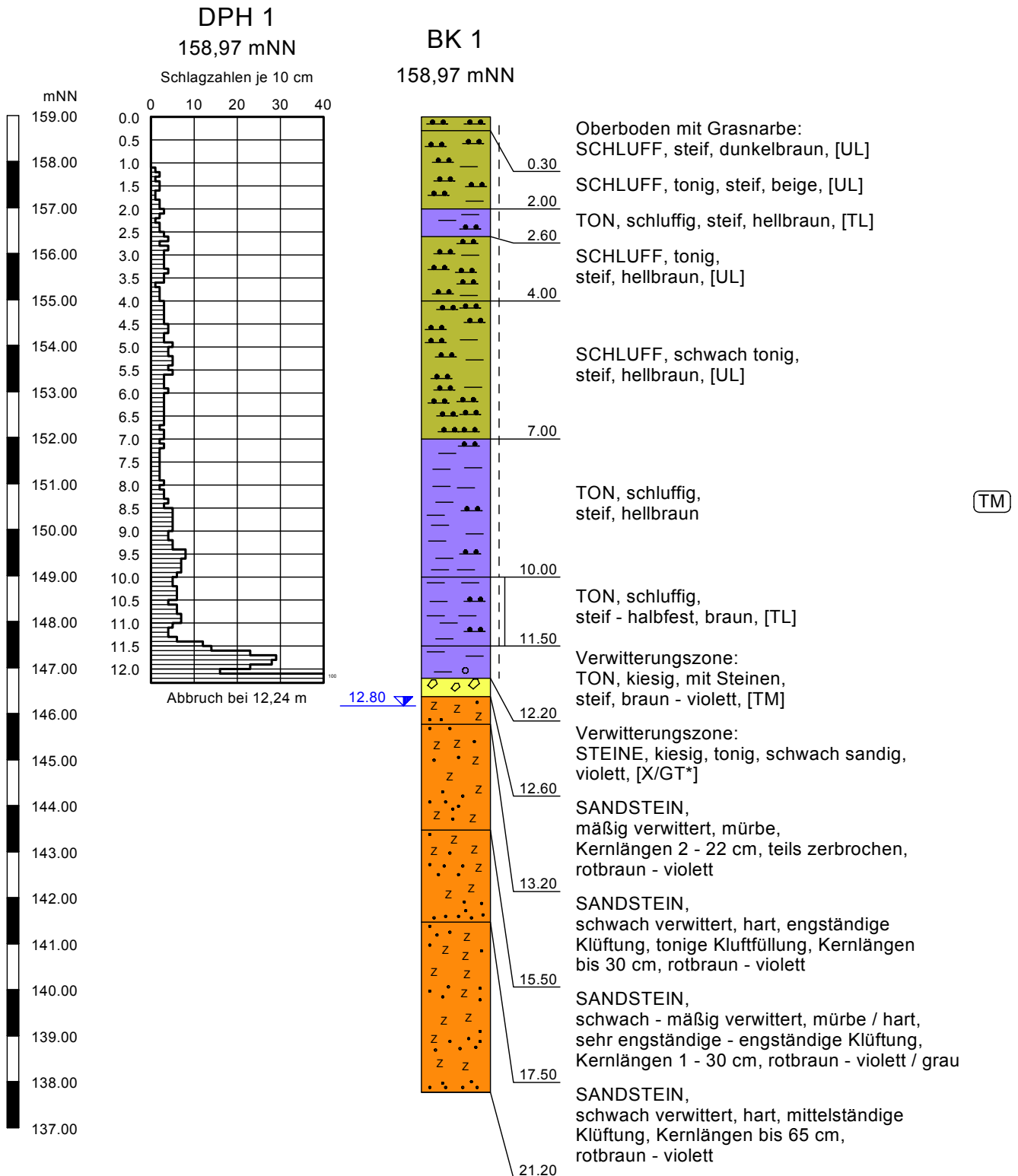
Foto 9: Bohrkerne BK 2 von 0,0 m bis 11,0 m



Foto 10: Bohrkerne BK 2 von 11,0 m bis 20,3 m

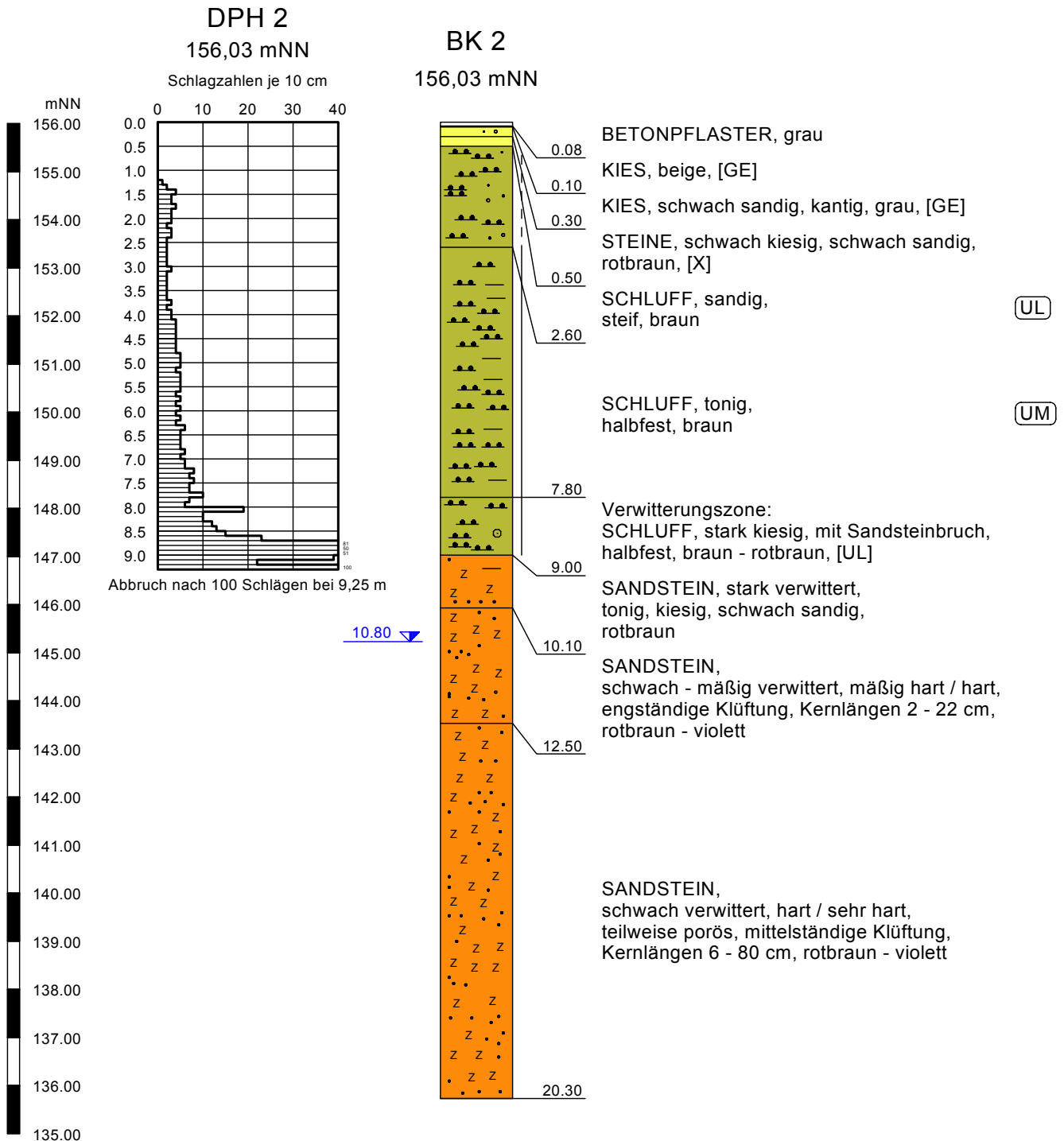
Weitere Fotos befinden sich auf beiliegender CD.

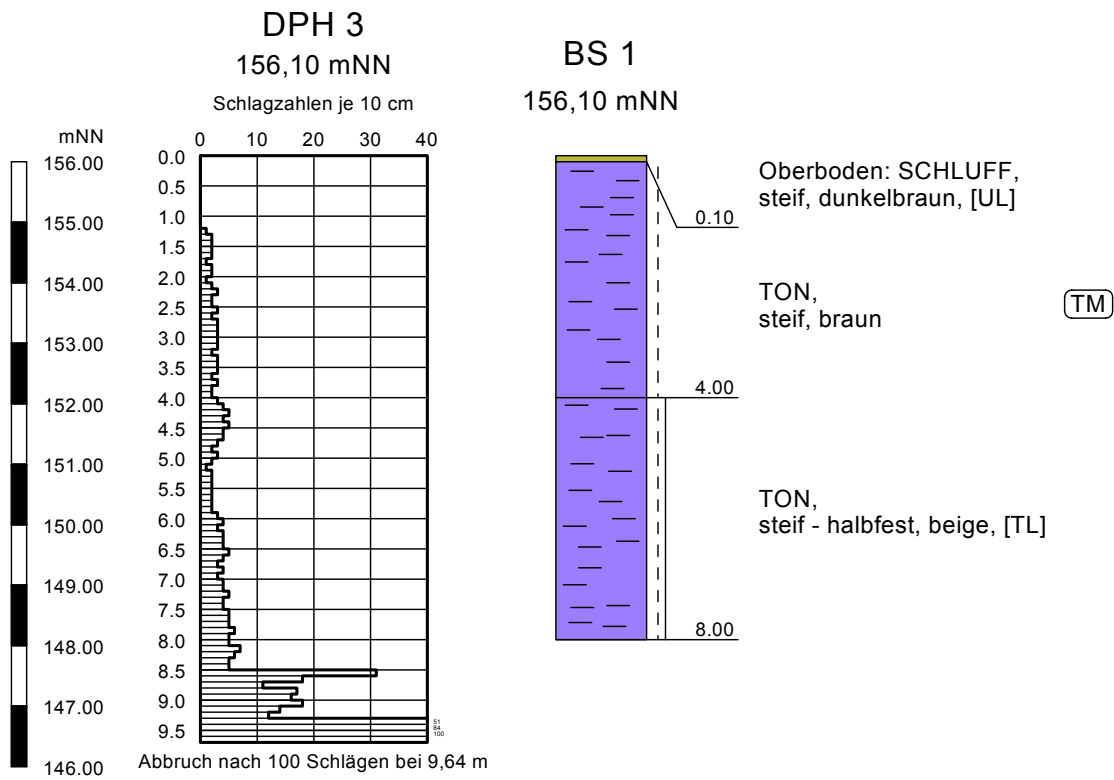
Rammdiagramme und Bohrprofile - M. 1:125

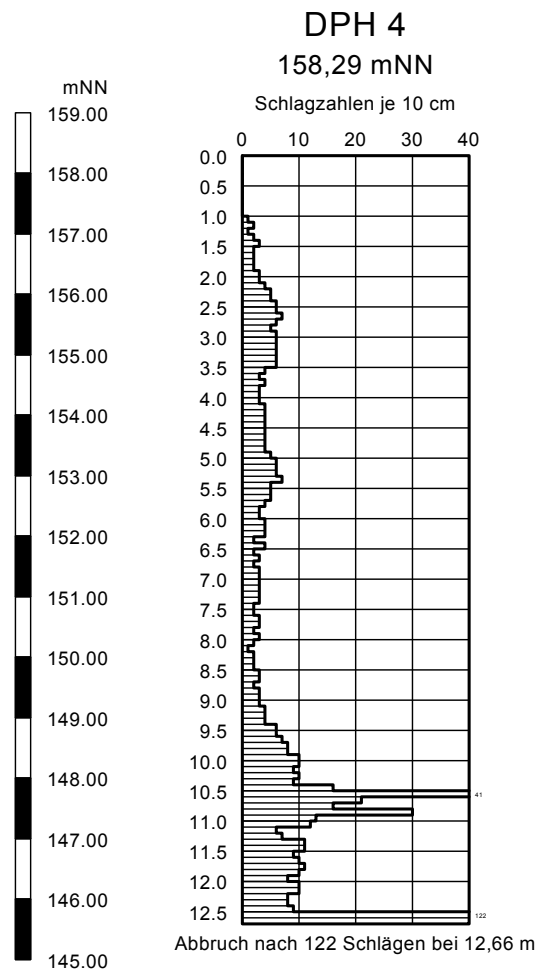


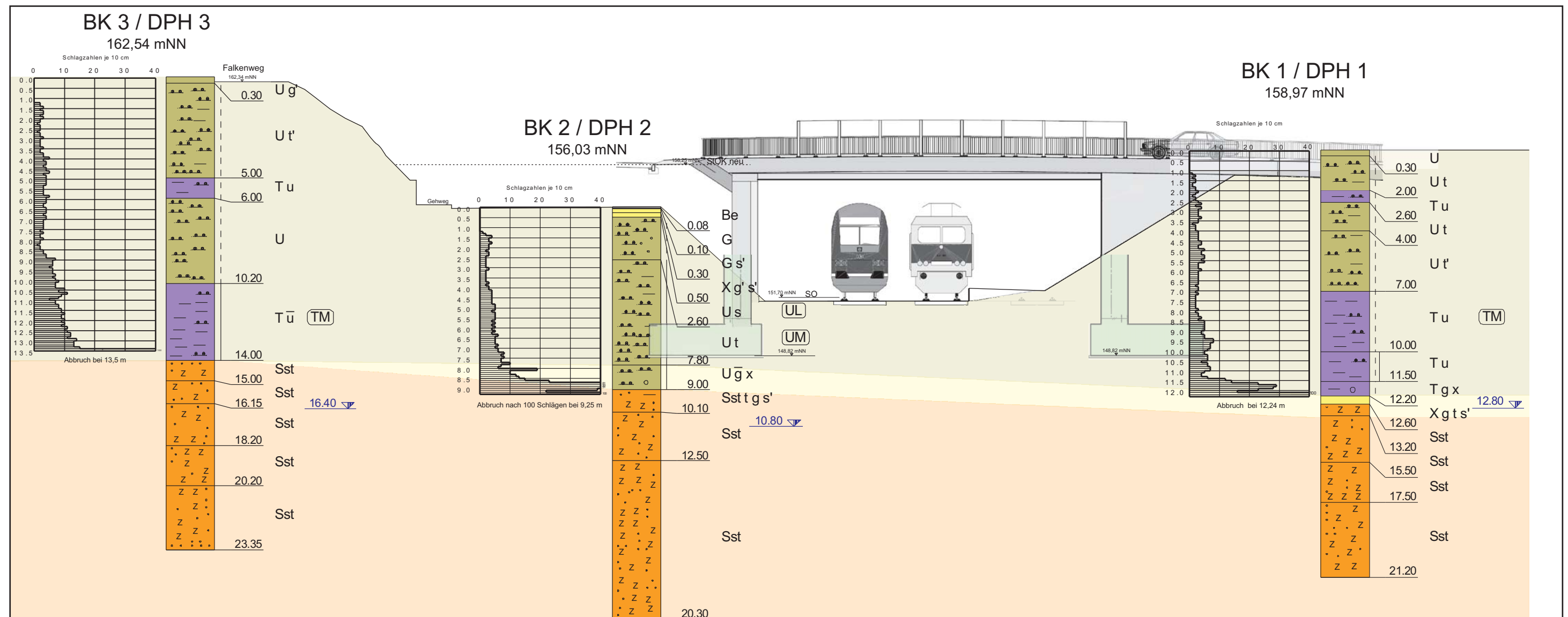
[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache

[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor





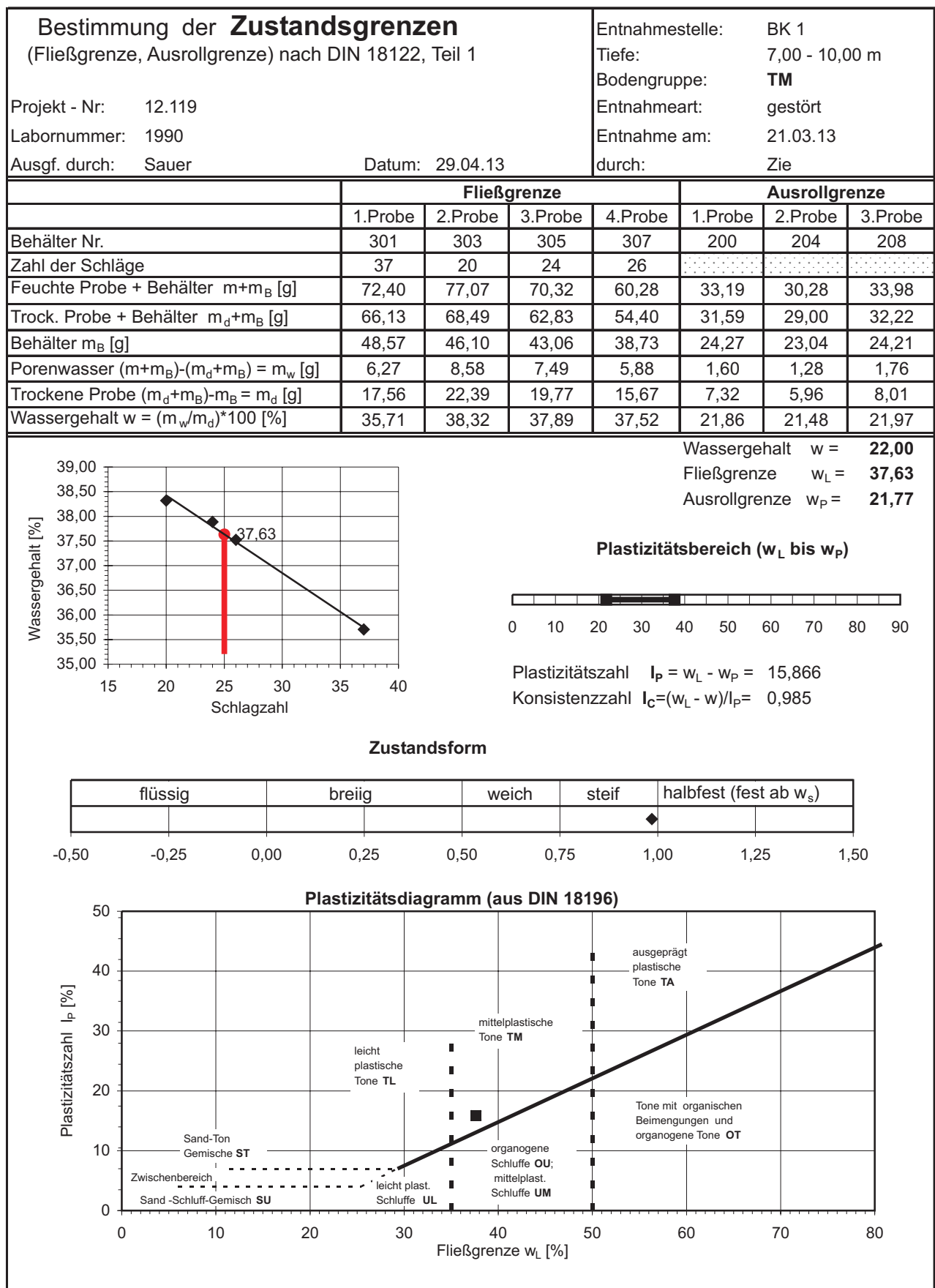




Hinweis:
BK 3 / DPH 3 aus Projekt 12.129

Legende	
	Schluff / Ton
	Verwitterungszone
	Fels (Sandstein)
Auszug aus	
Bauwerksplan, Entwurf Müller Ingenieurplan GmbH, 04.2011	
Inhalt	Maßstab
Ingenieurgeol. Schnitt	1:200

Ergebnisse der Laborversuche



Bestimmung der Zustandsgrenzen (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1					Entnahmestelle: BK 2 Tiefe: 0,50 -1,20 m Bodengruppe: UL Entnahmearart: gestört Entnahme am: 08.04.13 durch: Stü		
Projekt - Nr: 12.119 Labornummer: 1991 Ausgf. durch: Sauer					Datum: 30.04.13		

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1.Probe	2.Probe	3.Probe	4.Probe	1.Probe	2.Probe	3.Probe
Behälter Nr.	15	13	39	14	31	30	33
Zahl der Schläge	18	21	27	32			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]	25,82	26,88	26,08	28,12	16,57	16,25	13,91
Trock. Probe + Behälter m_d+m_B [g]	22,66	23,84	23,17	25,15	15,21	15,04	12,91
Behälter m_B [g]	5,56	6,69	5,68	6,71	6,20	6,53	5,89
Porenwasser $(m+m_B)-(m_d+m_B) = m_w$ [g]	3,16	3,04	2,91	2,97	1,36	1,21	1,00
Trockene Probe $(m_d+m_B)-m_B = m_d$ [g]	17,1	17,15	17,49	18,44	9,01	8,51	7,02
Wassergehalt $w = (m_w/m_d)*100$ [%]	18,48	17,73	16,64	16,11	15,09	14,22	14,25

Wassergehalt [%]

Schlagzahl

Wassergehalt $w =$ **14,66**
 Fließgrenze $w_L =$ **17,15**
 Ausrollgrenze $w_P =$ **14,52**

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P =$ **2,634**
 Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w)/I_P =$ **0,947**

Zustandsform

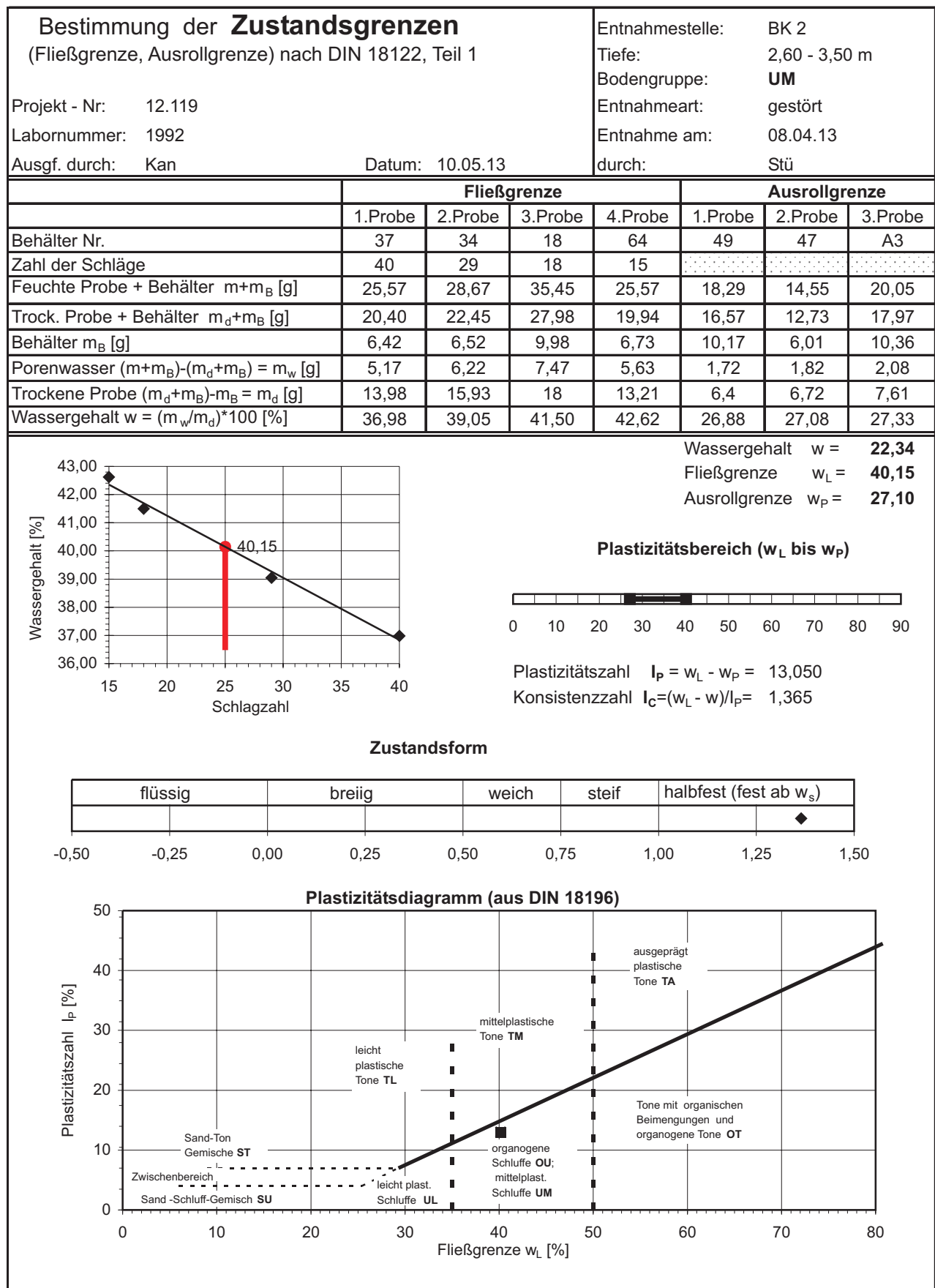
flüssig	breiig	weich	steif	halbfest (fest ab w_s)
◆				

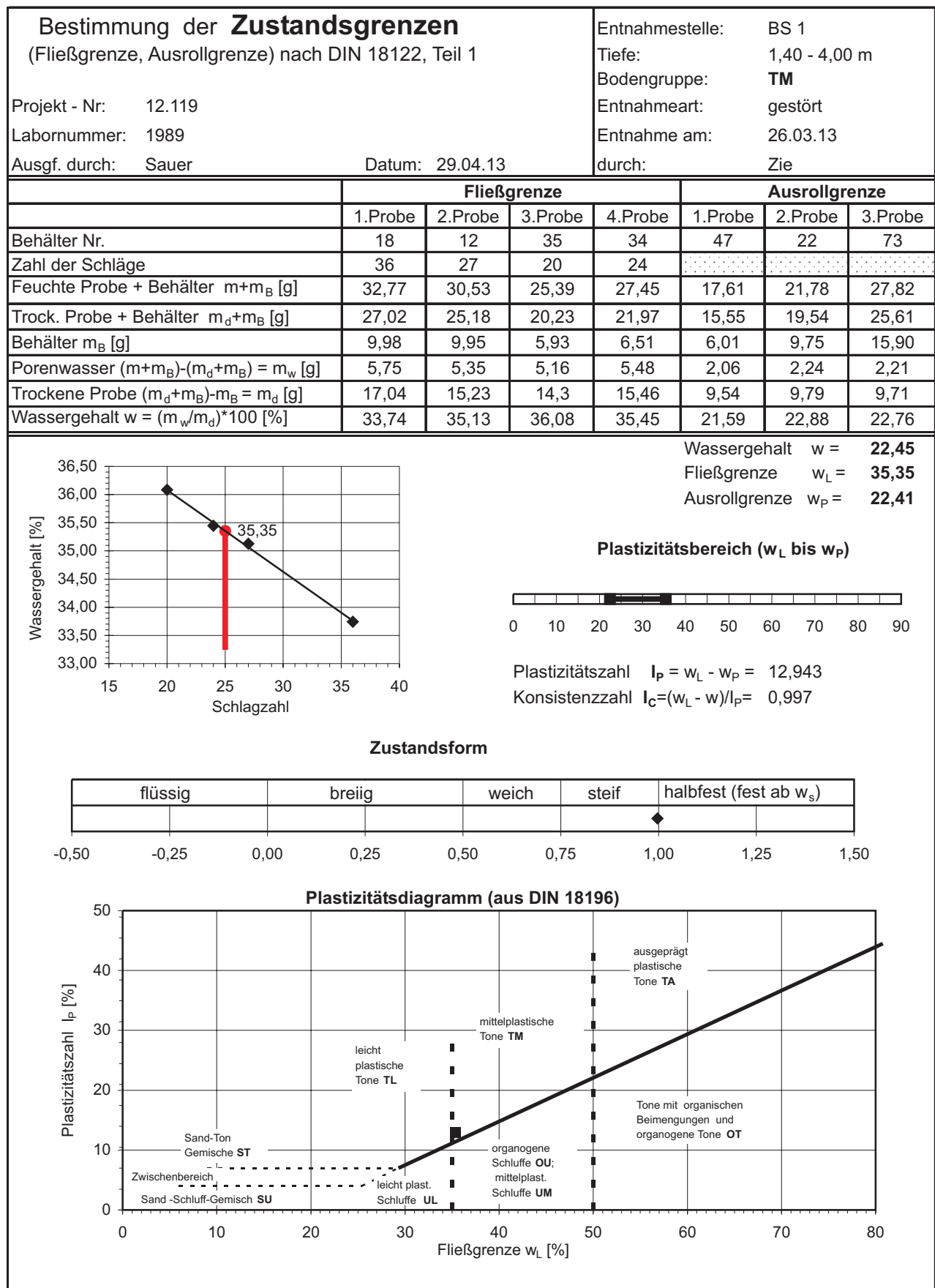
-0,50 -0,25 0,00 0,25 0,50 0,75 1,00 1,25 1,50

Plastizitätsdiagramm (aus DIN 18196)

Plastizitätszahl I_P [%]

Fließgrenze w_L [%]





Prüfungszeugnis über den Nachweis der Druckfestigkeit an Bohrkernen

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe	Material	Anzahl Blätter
BK 1	15,00 – 15,30 m	Sandstein	1
BK 2B	10,49 – 10,72 m	Sandstein	
BK 2A	12,00 – 12,35 m	Sandstein	



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
Nebeniusstraße 36

76137 Karlsruhe

PRÜFUNGSZEUGNIS NR. 24245

über den Nachweis der Druckfestigkeit an Naturstein- Bohrkernen.

Auftraggeber : augeon GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Projekt-Nr.: 12.119
Probenanlieferung: 26.04.13
Verhältnis Ø / h: 1:2 / 1:1

Prüfergebnis

Probe- bezeichnung	Entnahmetiefe* m	Prüf- datum	Abmessungen		Gewicht kg	Bruchlast kN	Rohdichte kg/dm ³	Druck- festigkeit N/mm ²
			Ø mm	h mm				
BK 1	15,00 - 15,30	13.05.13	110	219	4,806	1160	2,310	122,1
BK 2B	10,49 - 10,72	13.05.13	110	219	4,880	1180	2,346	124,2
BK 2A	12,00 - 12,35	13.05.13	110	110	2,427	1090	2,323	114,8

* nach Angaben des AG

Bemerkung:

Die Bewertung der erzielten Prüfergebnisse bleibt auftragsgemäß dem AG vorbehalten.

Schifferstadt, 13.05.13



Prüfberichte der chemischen Untersuchungen

Auftrag	Probenbezeichnung	Untersuchungsumfang	Seitenanzahl
945824	GW- Proben BK 2	Betonaggressivität nach DIN 4030	2 + 1

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

AUGEON GMBH & CO KG
NEBENIUSSTR. 36
76137 KARLSRUHE

Datum 19.04.2013
Kundennr. 27015229
Seite 1 von 2

PRÜFBERICHT

Auftragsnr. 945824

Analysenr. **624368 Wasser**
Auftrag **12.119 SÜ Kleinsteinbach**
Probeneingang **12.04.2013**
Probenahme **10.04.2013**
Kunden-Probenbezeichnung **GW-Proben BK 2**
Probenart **Grundwasser**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Grenzwert Methode

Sensorische Prüfungen

Färbung (Labor)		rotorange			EN ISO 7887-C1
Trübung (Labor)		leicht			Visuell
Geruch (Labor)		geruchlos			DEV B1/2

Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		8,17	0		DIN 38404-C5
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	443	10		DIN EN 27888
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	494	10		DIN EN 27888

Kationen

Ammonium (NH ₄)	mg/l	<0,03	0,03		analog DIN38406-E 5, BR_C_179
Calcium (Ca)	mg/l	100	1		DIN EN ISO 17294-2 (E29)
Magnesium (Mg)	mg/l	10	1		DIN EN ISO 17294-2 (E29)

Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	20	1		analog DIN EN ISO 15682-D31 (CFA), BR_C_179
Nitrat (NO ₃)	mg/l	2,3	1		DIN EN ISO 13395-D28'
Sulfat (SO ₄)	mg/l	48	2		in Anlehnung an DIN 38405-D5, BR_C_179
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	<0,05	0,05		DIN 38405-D27
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	5,25	0,1		DIN 38409-H7-1
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	4,94	0,1		DIN 38409-H7-1

Summarische Parameter

Oxidierbarkeit (KMnO ₄ -Verbrauch)	mg/l	4,0	0,5		DIN 38409-H5
KMnO ₄ -Index (als O ₂)	mg/l	1,0	0,1		DIN 38409-H5

Berechnete Werte

Carbonathärte	°dH	14,7	0,3		berechnet
Carbonathärte	mg/l CaO	147			berechnet
Nichtcarbonathärte	°dH	1,6	0		berechnet
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	16,0	0		berechnet
Gesamthärte	°dH	16,3	1		berechnet
Gesamthärte	mg/l CaO	163			berechnet
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	<1	1		DIN 4030

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

Datum 19.04.2013
Kundennr. 27015229
Seite 2 von 2

Auftragsnr. 945824 Analysennr. 624368

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert	Methode
Gesamthärte	mmol/l	2,91	0,18		berechnet

Sonstige Untersuchungsparameter

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.

AGROLAB Labor Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-26

manfred.kanzler@agrolab.de

Kundenbetreuung

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

Verteiler

AUGEON GMBH & CO KG

AGROLAB Labor GmbH

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

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

AUGEON GMBH & CO KG
 NEBENIUSSTR. 36
 76137 KARLSRUHE

Datum 19.04.2013
 Kundennr. 27015229
 Seite 1 von 1

PRÜFBERICHT

Auftragsnr. 945824

Analysenr. **624696 Wasser**
 Auftrag **12.119 SÜ Kleinsteinbach**
 Probeneingang **12.04.2013**
 Probenahme **10.04.2013**
 Kunden-Probenbezeichnung **GW-Proben BK 2**
 Probenart **Grundwasser**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Grenzwert Methode

Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		8,17	0			DIN 38404-C5
-----------------	--	-------------	---	--	--	--------------

Kationen

Calcium (Ca)	mg/l	100	1			DIN EN ISO 17294-2 (E29)
--------------	------	------------	---	--	--	--------------------------

Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	20	1			analog DIN EN ISO 15682-D31 (CFA), BR_C_179
Sulfat (SO ₄)	mg/l	48	2			in Anlehnung an DIN 38405-D5, BR_C_179
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	5,25	0,1			DIN 38409-H7-1

AGROLAB Labor Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-26

manfred.kanzler@agrolab.de

Kundenbetreuung

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

Verteiler

AUGEON GMBH & CO KG

Probenahmeprotokoll

Entnehmende Stelle: augeon GmbH & Co. KG Ingenieurbüro für Geo- und Umwelttechnik Nebeniusstraße 36 76137 Karlsruhe	Zweck der Probennahme: Chemische Untersuchung
1. Probennahmestelle:	BK 2, an B 10
2. Lage:	siehe Lageplan Anlage 2
3. Zeitpunkt der Probennahme, Datum/Uhrzeit:	10.04.2013 / 11:00 – 11:30
4. Art der Probe:	Grundwasser
5. Entnahmegesetz:	Schöpfgerät

Entnahmedaten

6.a	Entnahmetiefe / Grundwasserhorizont:	10,80	m
6.b	Ruhewasserspiegel vor PN:	10,80	m
6.c	Abgesenkter Wasserspiegel bei PN:	10,80	m
6.d	Förderstrom:		m³/h
6.e	Pumpdauer bis PN:		Std.

Ergänzende Feststellungen vor Ort

7.a	Farbe:	rotorange
7.b	Trübung:	leicht
7.c	Geruch (unveränderte Probe):	geruchlos
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:	GW-Proben BK 2 / 624368 / 624696
9.	Probebehälter:	Probenflaschen aus Grünlas / PE, (5 g Marmorpulver bzw. 3 g Zinkacetat in je 0,5l-Flaschen)
10.	Probenmenge:	2 x 0,5 l + 3 x 0,25 l
11.	Bemerkungen / Begleitinformation:	lichtgeschützt, gekühlt, luftdicht

Karlsruhe, 11.04.2013

Ort, Datum

Stübner

Probennehmer, Unterschrift