

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

Geotechnisches Gutachten

Auftraggeber/Bauherr:

DB ProjektBau GmbH
Regionalbereich Südwest
Schwarzwaldstraße 82

76137 Karlsruhe

Bauvorhaben:

Beseitigung Bahnübergang und
Neubau Eisenbahnüberführung
Strecke 4200, km 10,330

Bestellung:

0016 / IQ2 / 41073695

Rahmenvertrag Nr.:

92172767

Projektnr.:

12.118

ergänzende Gutachten:

12.119 und 12.129

Datum des Gutachtens:

21. 06. 2013 (Stü/Zie)

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 Bohrkerne	5
5.5	Geotechnische Baugrundkenngößen	6
5.6	Erdbebenzone	7
6	Empfehlungen zur Baumaßnahme	7
6.1	Neubau Eisenbahnüberführung als Plattengründung	7
6.2	Neubau Aufzüge	8
6.3	Angaben zu den Verschubbahnen	9
6.4	Böschungen und Verbaumaßnahmen	9
6.5	Wasserhaltung und Auftriebssicherung	11
6.6	Arbeitsraumverfüllungen	11
6.7	Angaben zum Straßenneubau	11
7	Hinweise zur Bauausführung	12
8	Schlussbemerkungen	13

Anlagenverzeichnis

1	Übersichtsplan, M. 1:25.000
2	Lageplan, M. 1:250
3.1 – 3.3	Fotodokumentation
4.1 – 4.3	Rammdiagramme Bohr- und Schurfprofile, M. 1:125, M. 1:25
5	Ingenieurgeologischer Schnitt, M. 1:200
6.1 – 6.3	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 (BÜ) bei km 10,330 der Strecke 4200 in Kleinsteinbach, plant die DB ProjektBau GmbH den Neubau einer Eisenbahnüberführung (EÜ). Für eine wirtschaftliche, bautechnisch sinnvolle und sichere Planung, Ausschreibung und Bauausführung sind geotechnische Angaben über den Baugrundaufbau erforderlich.

Auf der Grundlage der Bestellung 0016 / IQ2 / 41073695 vom 21. 11. 2012 ist das Ingenieurbüro augeon GmbH & Co. KG mit der Durchführung von Erkundungen sowie der Ausarbeitung eines geotechnischen Gutachtens beauftragt worden.

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, Vorentwurf, M. 1:200, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 21. 12. 2011,
- [4] Längsschnitt A-A, Entwurf, M. 1:100, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 21. 12. 2011,
- [5] Baubehelfsplan, Vorentwurf, Müller Ingenieurplan GmbH, Stand 04. 12. 2012,
- [6] Geotechnische Gutachten 12.119 und 12.129, augeon GmbH & Co. KG,
- [7] Grundbautaschenbuch, Ulrich Smoltczyk, Ernst & Sohn Verlag Berlin, 6. Auflage, März 01,
- [8] Vorschriften, Richtlinien, DIN-Normen, Technische Regelwerke und Empfehlungen (an entsprechender Stelle genauer benannt).

3 Baugelände und Baumaßnahme

Das Baugelände befindet sich am nordöstlichen Ortsrand von Kleinsteinbach. In der näheren Umgebung befinden sich ein Friedhof und Wohnbebauung. Unmittelbar südlich des Bahnübergangs fließt der Bocksbach in nordöstliche Richtung und mündet in die Pfinz. Die vorhandene DB-Strecke liegt im Bereich des BÜ in ebenem Gelände. Die Lage des Baugeländes ist den Anlagen 1 und 2 sowie 5 zu entnehmen.

Als Baumaßnahme sind der Rückbau des BÜ sowie der Neubau einer EÜ mit 2 Personenaufzügen geplant. Die EÜ soll im Bereich der Industriestraße (nahe Friedhof) hergestellt und anschließend eingeschoben werden.

4 Baugrundaufschlüsse

Zur Erstellung des Gutachtens wurden im Zeitraum vom 18. 03. bis 08. 04. 2013 folgende Arbeiten durchgeführt:

- 3 Handschachtungen zur Sicherstellung der Kabel- und Leitungsfreiheit,
- 1 Handschurf (SCH 2) bis in eine Tiefe von 1,0 m,
- 2 Kernbohrungen (BK) mit Tiefen von 20,0 m und 21,5 m unter GOK,
- 2 Rammsondierungen (DPH) mit Tiefen von 6,62 m und 7,38 m unter GOK,

- 2 Bestimmungen des Wassergehalts nach DIN 18121,
- 2 Bestimmungen der Zustands-/Konsistenzgrenzen nach DIN 18122,
- 1 Siebanalyse nach DIN 18123,
- 2 Bestimmungen der Druckfestigkeit und Rohdichte an Bohrkernen,
- 1 Wasseranalyse auf Betonaggressivität,
- Entnahme einer Grundwasserprobe,
- Entnahme von insgesamt 13 gestörten Boden- und 9 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. Dieser besteht überwiegend aus Quarzsandsteinen mit tonigen Lagen (sandiger Tonstein). 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 fünf folgenden Schichten bzw. Schichtkomplexen zusammengefasst werden:

- **Oberboden / Gehwegbefestigung**
- **Auffüllungen**
- **Schluffe**
- **Verwitterungszone**
- **Sandstein**

Im Bereich des geplanten, östlichen Aufzuges (BK 1) und des geplanten Wendehammers (SCH 2) wurde in den oberen 0,26 m **Oberboden** angetroffen. Dieser besteht vorwiegend aus durchwurzelter Schluff. Die Konsistenz wurde am Erkundungstag mit steif bzw. weich - 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.

Unterhalb des Oberbodens wurde bis 0,60 m bzw. 2,45 m unter GOK eine **Auffüllung** aus sandigem Schluff mit Steinen erkundet. Der Schluff enthält Fremdbestandteile wie zum Beispiel Ziegelbruch. Die Konsistenz wurde am Erkundungstag mit steif angesprochen. Die Farbe variiert von graubraun und rotbraun über braun bis hin zu schwarz. Die Auffüllung kann der Bodengruppe UL und somit der Bodenklasse 4 zugeordnet werden.

BK 2 wurde auf dem Gehweg östlich des BÜs ausgeführt. Der **Gehweg** ist mit 8 cm Asphalt befestigt. Unterhalb des Asphalts steht eine 12 cm mächtige graue Schottertragschicht (STS) an. Die STS kann nach DIN 18196 der Bodengruppe GE und nach DIN 18300 der Bodenklasse 3 zugeordnet werden. Gemäß ZTVE-StB 09 ist die Tragschicht nicht frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F1).

Im Anschluss an die Auffüllungen bzw. die Gehwegbefestigung wurden im Untersuchungsgebiet **Schluffe** angetroffen. Bei den Schluffen handelt es sich überwiegend um Löss. Die Farbe der bindigen Böden wurde mit braun, hellbraun bzw. braunbeige angesprochen, die Konsistenz war am Erkundungstag überwiegend steif. Die Schluffe können als gut rammbar beurteilt und in die Bodengruppe UL eingestuft werden. Nach DIN 18300 gehören die Böden der Bodenklasse 4 an und sind nach ZTVE-StB 09 als stark frostempfindlich (F3) einzustufen.

Ab ca. 6,70 m (145,2 mNN, BK 1) bzw. 5,40 m (146,2 mNN, BK 2) beginnt der Übergang zum Festgestein (**Verwitterungszone**). Dieser besteht aus einer Sandstein-Schluff-Matrix mit sandigen und kiesigen Anteilen. Die Farbe wurde mit rötlich, gelbbraun sowie dunkelgrau, die Konsistenz mit steif angesprochen. Die Verwitterungszone kann überwiegend den Bodengruppen UM und GU* sowie den Bodenklassen 5 und 6 zugeordnet werden.

Ab ca. 7,55 m (144,3 mNN, BK 1) bzw. 6,90 m (144,7 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 Bereichen engständig 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 einer Tiefe von 5,60 m bzw. 5,80 m unter GOK Grundwasser angebohrt. Nach dem Bohrvorgang stieg der Wasserstand im Bohrloch auf 5,09 m bzw. 5,61 m. Es herrschen somit halbgespannte Grundwasserverhältnisse.

Für das Baugebiet liegen keine Daten über Grundwassermesspegel vor. Parallel zum Bahnübergang fließt in einem Abstand von ca. 9,0 m der Bocksbach in einem befestigten Bachbett. Der Wasserspiegel wurde am Erkundungstag bei 148,2 mNN eingemessen. Der Bemessungswasserstand ist mindestens auf Höhe GOK (151,7 mNN) anzusetzen.

Das anstehende Grundwasser wurde bei BK 2 in einer Tiefe von 5,60 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 Bohrkern

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 frisch – 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 Bohrkern

Proben Nr.	Material	Entnahmetiefe [m]	Rohdichte [kg/dm ³]	Druckfestigkeit N/mm ²	Felsklasse nach DIN 18301
BK 1	Sandstein	10,59 – 10,77	2,381	155,8	FD 3
BK 2	Sandstein	9,57 – 9,78	2,288	111,6	FD 3

5.5 Geotechnische Baugrundkenngrößen

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 Kenngrößen

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, schwach tonig	UL	4	weich - steif	18,5 (8,5)	30,0	3	4
				steif	19 (9)	30,0	5	5
				steif - halbfest	19,5 (9,5)	30,0	7	10
Verwitterungszone	SANDSTEIN, SCHLUFF, KIES	GU*	5 – 6	steif	21 (11)	30,0	1	30
		UM	5 – 6	steif	18 (8)	27,5	10	4
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 Neubau Eisenbahnüberführung als Plattengründung

Nach derzeitiger Planung soll die EÜ bei km 10,330 östlich der Strecke als Rahmenbauwerk hergestellt und während einer Gleissperrung eingeschoben werden. Die Gründung des Bauwerks ist in einer Tiefe von 5,52 m u. SO (146,19 mNN) geplant.

In dieser Tiefe wurden steife, teils kiesige Schluffe angetroffen. Die Schluffe werden ab Tiefen von 6,5 m unter SO (BK 1) bzw. 5,6 m u. SO (BK 2) von der Verwitterungszone des Fels unterlagert. Der kompakte Felshorizont wurde in Tiefen von 7,4 m unter SO (BK 1) bzw. 7,1 m unter SO (BK 2) angetroffen.

Aus den Schluffschichten sind ungleichmäßige Setzungen zu erwarten. Zur Reduzierung von Setzungen und Vergleichmäßigung der Bettungsverhältnisse wird daher unterhalb der Gründungssohle ein Bodenaustausch (BA) erforderlich. Der BA sollte mit einem gut abgestuften und verdichtbaren Kiessandgemisch (entsprechend Tabelle 3) erfolgen. Das Austauschmaterial ist lagenweise einzubauen und auf eine Proctordichte von $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Bei der Herstellung des BA ist eine Lastausbreitung von 45° zu beachten. 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 sowie der damit verbundene Unterhaltungsaufwand (insbesondere bei dem hier anstehenden, gegenüber dynamischen Beanspru-

chungen empfindlichen Baugrund) maßgeblich von Einbau und Verdichtung des Bodenaustausches abhängig sind. Zum Bodenaustausch wird weiterhin auf die ZTVE-StB 09 sowie die einschlägigen Vorschriften verwiesen.

In Abhängigkeit der Bodenaustauschmächtigkeit wurden die in Tabelle 4 angegebenen rechnerisch zu erwartenden Setzungen und Bettungsmoduli ermittelt. Die angegebenen Werte gelten für die nach aktuellem Planungsstand zu Grunde gelegte Abmessung der Gründungsplatte von 7,0 x 10,5 m. Des Weiteren wurde die vom Planer uns per E-Mail vom 04. 06. 2013 mitgeteilte mittlere Kantenpressung in der Sohlfuge von 150 kN/m² zu Grunde gelegt.

Tabelle 4: Rechnerische Setzungen und Bettungsmoduli für EÜ km 10,330

Mächtigkeit Bodenaustausch unter Gründungssohle d_{BA} [m]	rechnerische Setzung an Plattenmitte s [cm]	rechnerische Setzung an Plattenkante s [cm]	Bettungsmodul k_s [MN/m ³]
0,5	1,8	0,5	8,5
1,0	1,2	0,4	12,4

Etwa 50 % der Setzungen werden bereits während der Bauarbeiten (Einschub) eintreten. Nach unseren Erfahrungen werden die zu erwartenden Setzungen etwa bei 2/3 des rechnerischen Wertes liegen.

Wir empfehlen, die Gründungssohle sowie die Verdichtung des Verfüllmaterials von einem geotechnisch Sachverständigen abnehmen zu lassen. Die Hinweise zur Bauausführung sind zu beachten.

6.2 Neubau Aufzüge

Nach derzeitiger Planung gründen die Aufzüge bei 145,24 mNN. Die Aufzüge können flach gegründet werden. Die Fundamente kommen in der Verwitterungszone des Fels zu liegen. Diese besteht überwiegend aus Schluff. Diese sind nur als bedingt tragfähig einzustufen. Daher ist unterhalb der Fundamente ein Bodenaustausch mit verdichtungsfähigem Material gemäß Tabelle 3 herzustellen. Zur Vermeidung von Differenzsetzungen zum Rahmenbauwerk empfehlen wir, den Bodenaustausch bis zum anstehenden Fels auszuführen.

Für eine Flachgründung können die in Tabelle 5 angegebenen zulässigen Bodenpressungen angesetzt werden. Die Breite des Fundaments wurde dabei mit 3,0 m x 6,0 m angesetzt.

Tabelle 5: zulässige Bodenpressungen für Aufzüge, Setzungen $s_{cal} \leq 0,5$ cm bzw. $s_{cal} \leq 1,0$ cm

Mächtigkeit Bodenaustausch [m]	ca. 1,0
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 0,5$ cm	450
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 1,0$ cm	860

Die in Tabelle 5 angegebenen zulässigen Bodenpressungen führen zu den angegebenen rechnerischen Setzungen von 0,5 cm bzw. 1,0 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 zu den Verschubbahnen

Im Bereich der Herstelllage der EÜ stehen unterhalb der geplanten Verschubbahnen steife Schluffe der Bodengruppe UL an. Diese sind nur als bedingt tragfähig einzustufen und daher bis zur Verwitterungszone (145,2 mNN) durch ein Kies-Sand-Material gemäß Tabelle 3 zu ersetzen. Es gelten dieselben Einbaubedingungen wie in der Endlage (Kapitel 6.1).

Für eine Flachgründung der Verschubbahnen mit Streifenfundamenten auf dem oben beschriebenen Kies-Sand-Material können die in Tabelle 6 angegebenen zulässigen Bodenpressungen angesetzt werden. Die Breite der Streifenfundamente wurde dabei zwischen 0,5 m und 2,5 m variiert.

Tabelle 6: Zulässige Bodenpressungen für Verschubbahnen, Setzungen $s_{cal} \leq 0,5$ cm bis 2,0 cm

Fundamentbreite [m]	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 0,5$ cm	600	400	330	300	280
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 1,0$ cm	1100	700	580	520	480
Zul. Bodenpressung [kN/m ²] bei $s_{cal} \leq 2,0$ cm	2050	1300	1050	970	850

Die in Tabelle 6 angegebenen zulässigen Bodenpressungen führen zu den angegebenen rechnerischen Setzungen von 0,5 cm, 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.

6.4 Böschungen und Verbaumaßnahmen

Bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten (dichte Bebauung), ist die Baugrube durch einen Verbau zu sichern. Dies kann durch Spundwände oder einen Trägerbohlverbau (Berliner-Verbau) erfolgen. Zur besseren Abdichtung gegen eventuell anströmendes Grundwasser wird empfohlen, den Bereich parallel zum Bocksbach mit einem Spundwandverbau zu sichern. Die Spundwände bzw. Verbauträger können bis mindestens 6,6 m unter SO (145,1 mNN) gerammt werden. Bis in diese Tiefen sind gut rambbare Böden zu erwarten. Die erforderliche Einbindetiefe richtet sich nach statischen Belangen. Ab 145,1 mNN ist für das Einbringen der Spundwände / Träger ein Vorbohren mit Bodenaustausch und Fußverpressung mit geeignetem Verpressmörtel erforderlich. Der notwendige Durchmesser der Vorbohrung ist abhängig vom verwendeten Spundwanddurchmesser. Es wird darauf hingewiesen, dass entsprechende Lockerungsbohrungen keinesfalls tiefer als die geplante Spundwandlänge auszuführen sind.

Die Wahl von geeigneten Maschinen für das Herstellen der Verbauten ist Aufgabe der ausführenden Firma. Hierfür sind die Ergebnisse dieser Erkundung den Baufirmen im Rahmen der Angebotsanfrage zur Verfügung zu stellen.

Rückverankerung des Verbaus:

Aufgrund der großen Baugrubentiefe ist eine Rückverankerung des Verbaus erforderlich. Für die Vorbemessung der Rückverankerung können in Abhängigkeit der Verpresskörperlänge folgende

in Bild 1 dargestellte Mantelreibungen für einen vollständig in den bindigen Böden angeordneten Verpresskörper angesetzt werden.

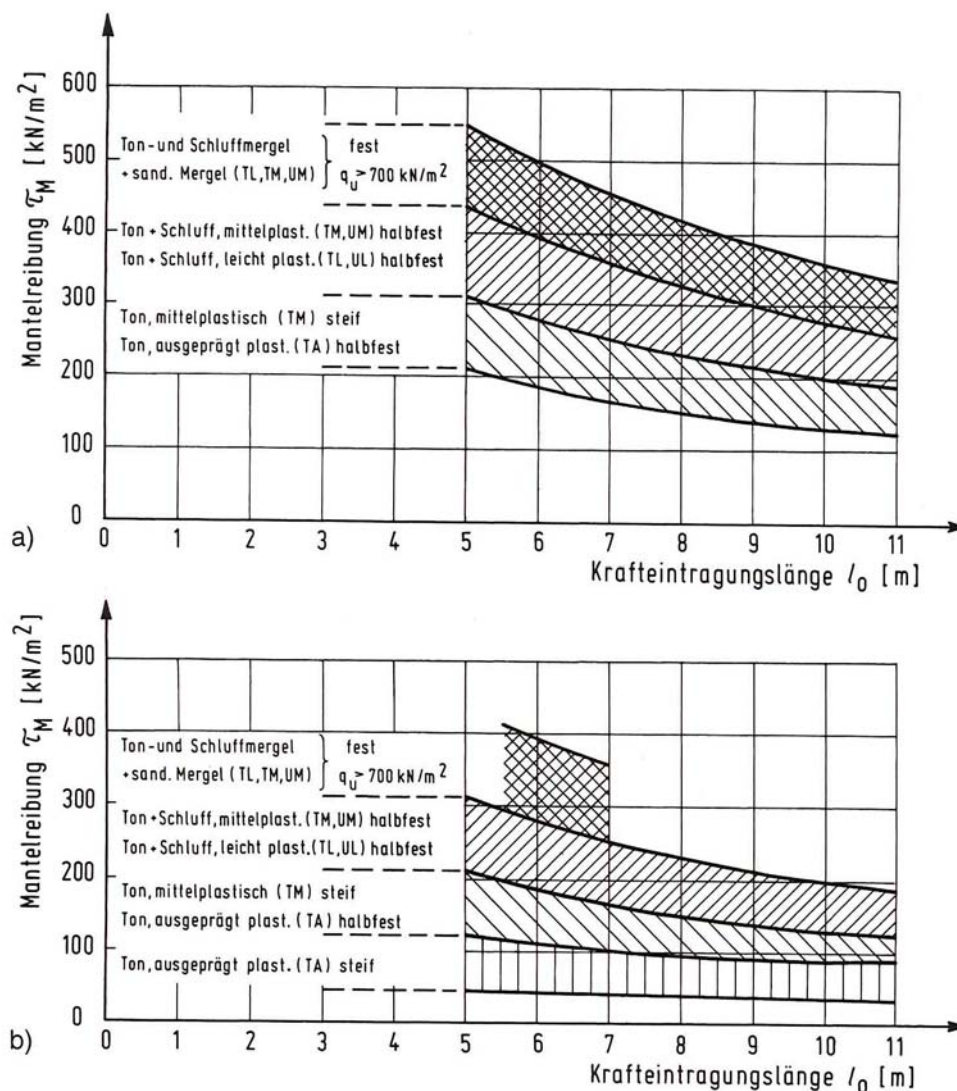


Bild 1: Grenzwerte der mittleren Mantelreibung bei Anker in bindigen Böden nach [6]
a) mit Nachverpressen, b) ohne Nachverpressen

Für das Baugebiet kann ein steifer - halbfester Ton oder Schluff (TL, TM, UL, UM) angesetzt werden. Ab 144,3 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, Anker und dem von den Anker erfassten Bodenkörper, 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 Wasserhaltung und Auftriebssicherung

Während der Erkundungsarbeiten wurde Grundwasser mit einem Ruhewasserpegel von maximal 146,8 mNN angetroffen. Aufgrund der anstehenden Bodenverhältnisse wird daher empfohlen, während der Bauausführung eine geschlossene Wasserhaltung einzurichten. Zur Ermittlung des zu erwartenden Wasserandrangs sind ergänzende Felduntersuchungen (Pumpversuche) erforderlich. Für in der Baugrube anfallendes Oberflächen- und Restwasser ist eine Restwasserhaltung vorzuhalten.

Für die Dimensionierungen ist aufgrund des Bocksbachs (Sohle Bocksbach bei ca. 148,4 mNN) mit einem Bemessungswasserstand von 151,7 mNN zu rechnen. Daher sind die erforderlichen Nachweise gegen Auftriebssicherheit der Bauwerke und der Aushubsohle für alle Bauzustände zu führen. Gegebenenfalls ist eine Rückverankerung im Fels erforderlich.

Alternativ zur geschlossenen Wasserhaltung ist auch ein wasserdichter Verbau denkbar. Dieser kann mit Spundwänden und einer Sohlabdichtung (z. B. Unterwasserbetonsohle, Zementinjektionen) erfolgen. Eine Unterwasserbetonsohle kann direkt auf dem unter dem Schluff anstehenden kompakten Sandstein (ab 144,4 mNN) hergestellt und gegebenenfalls gegen Auftrieb mit Hilfe von verpressten Mikropfählen (als Zugpfähle) im Fels rückverankert werden. Der entstehende Zwischenraum bis zur Bauwerkssohle ist mit Kies-Sand-Material gemäß Tabelle 3 aufzufüllen.

Für die verpressten Mikropfähle (Zugpfähle) kann für den anstehenden Sandstein eine Mantelreibung von

$$q_{s,k} = 250 \text{ kN/m}^2$$

angenommen werden. Die Gruppenwirkung ist zu beachten. Die maximale aufzunehmende Zugkraft darf dabei nicht größer sein, als das anteilige Bodeneigengewicht pro Pfahl. Die Pfähle sind durch Pfahlprobelastungen zu prüfen.

Bei einer Baugrubensicherung mit wasserdichten Spundwänden und Sohlabdichtung ist mit einem geringen Restwasserandrang zu rechnen. Hierfür ist eine Restwasserhaltung vorzuhalten.

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 Gleissetzungen 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.

6.7 Angaben zum Straßenneubau

Im Bereich der Industriestraße ist der Neubau eines Wendehammers 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 Erdplanum 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.

7 Hinweise zur Bauausführung

Um beim Aushub eine Auflockerung der Aushubsohle zu vermeiden, wird der Einsatz zahnloser Baggerlöffel empfohlen. Um witterungsbedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden, darf der Aushub eine Tagesleistung nicht überschreiten.

Übergänge von bindigen Böden zu Austauschmaterial (Bodenaustausch oder Arbeitsraumverfüllung) müssen filterstabil ausgeführt werden bzw. sind durch ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 zu trennen.

Für die Beurteilung der Zulässigkeit von schlagenden oder vibrierenden Einbringhilfen für den Verbau und von Verdichtungsgeräten (Größe und Art der Rüttler, Stampfer etc.) werden Erschütterungsmessungen dringend empfohlen. Aufgrund der Bebauung in unmittelbarer Nähe der Maßnahme ist davon auszugehen, dass die Verbauträger erschütterungsarm eingebracht werden müssen. Es wird auf die Ergebnisse der Rammsondierungen im Zusammenhang mit den Verbauarbeiten hingewiesen. Aufgrund der zum Teil engen Bebauung und den tiefen Eingriffen in den Untergrund empfehlen wir, im Vorfeld eine Beweissicherung durchzuführen.

Hinsichtlich Erdaushub-, Planierungs- und Verdichtungsarbeiten wird grundsätzlich auf die ZTVE-StB 09 hingewiesen. Des Weiteren wird auf die sach- und fachkundige Ausführung und Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten sowie auf die Durchführung von entsprechenden Kontrollprüfungen (Eignungsnachweise, Eigenüberwachungen, etc.) hingewiesen.

Zur Herstellung der Soll-Gleislage muss das Gleis eventuell mehrfach nachgestopft werden.

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 Eisenbahnüberführung bei km 10,330 in Kleinsteinbach wurden durch das Ingenieurbüro augeon GmbH & Co. KG Baugrunderkundungen durchgeführt.

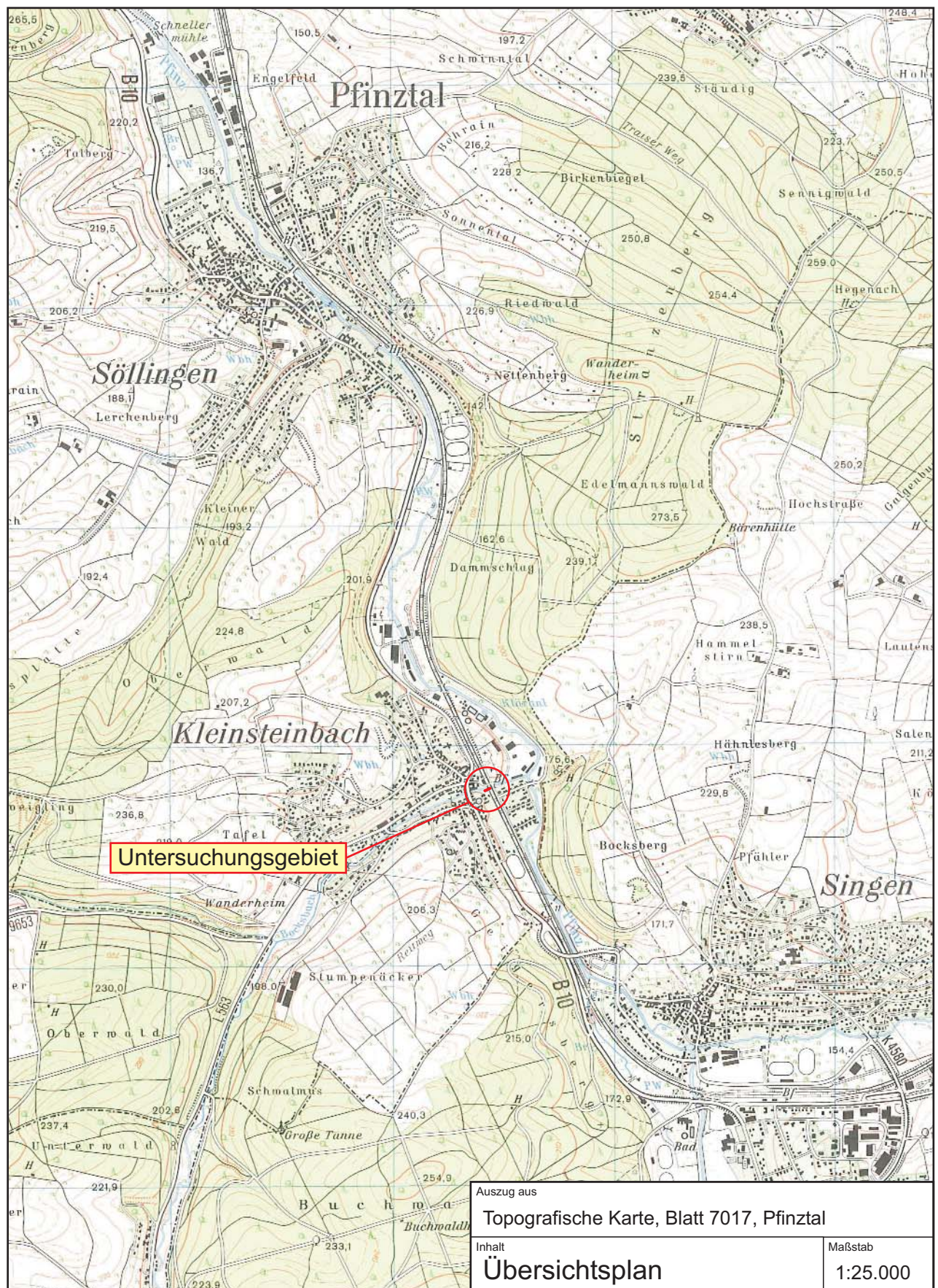
Anhand der Untersuchungsergebnisse, der Geländeaufnahme und der zur Verfügung stehenden Unterlagen wurde dieses geotechnische Gutachten ausgearbeitet. Darin werden Angaben zur Bemessung, Gründung und Bauausführung der geplanten Maßnahme gemacht.

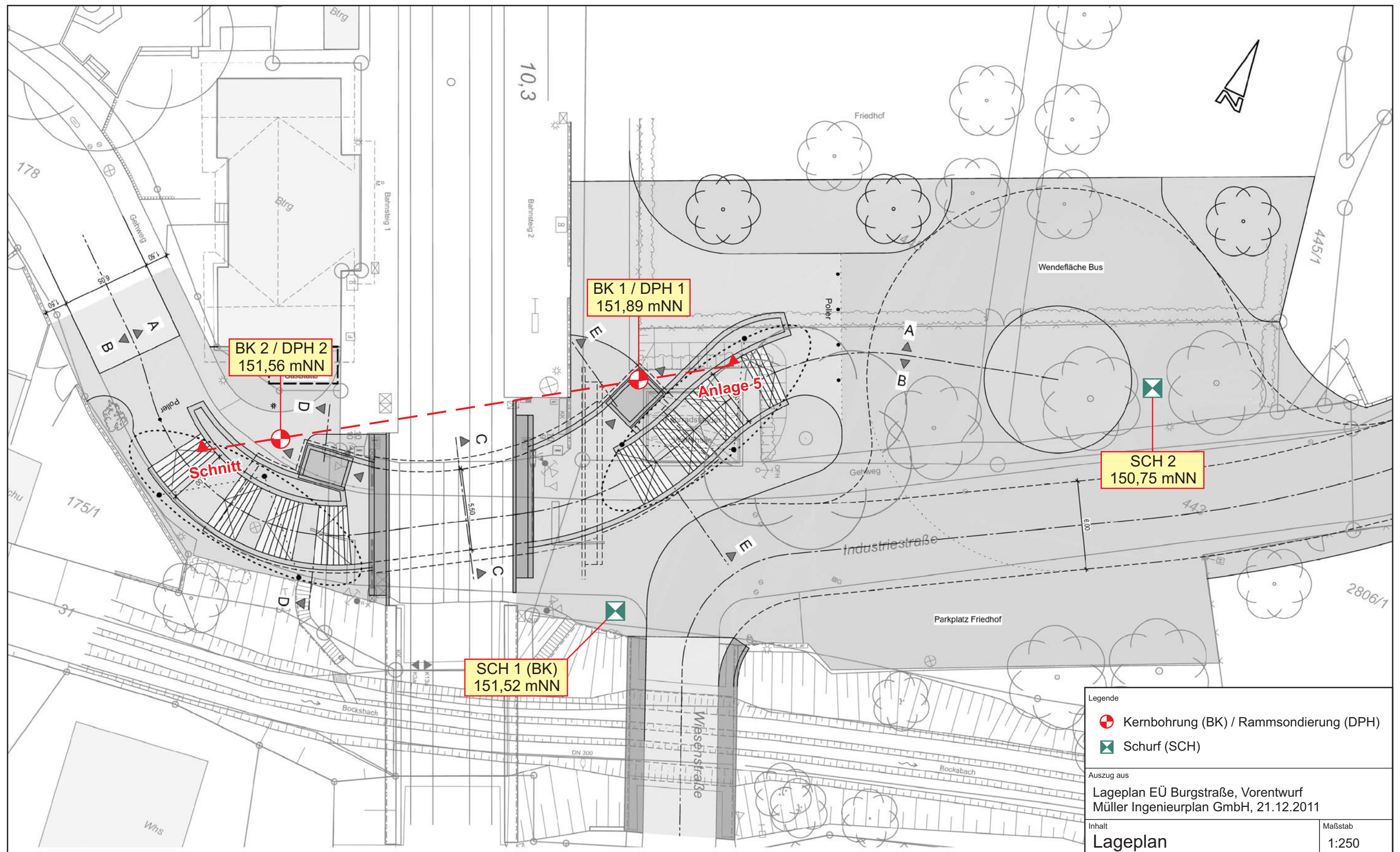
Die angegebenen Empfehlungen besitzen nur für die geplante Baumaßnahme Gültigkeit. Aufgrund sich verändernder Schichtmächtigkeiten, Bodenverhältnisse und hydrologischer Randbedingungen sind die Ergebnisse auf andere Bereiche nicht ohne weitere Überprüfung übertragbar. Prinzipiell sind Abweichungen in 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 SCH 1



Foto 4: Vorschacht bei BK 2



Foto 5: Übersicht bei Schurf 2



Foto 6: Schacht bei Schurf 2



Foto 7: Bohrkerne BK 1 von 0,0 m bis 10,0 m



Foto 8: Bohrkerne BK 1 von 10,0 m bis 20,0 m



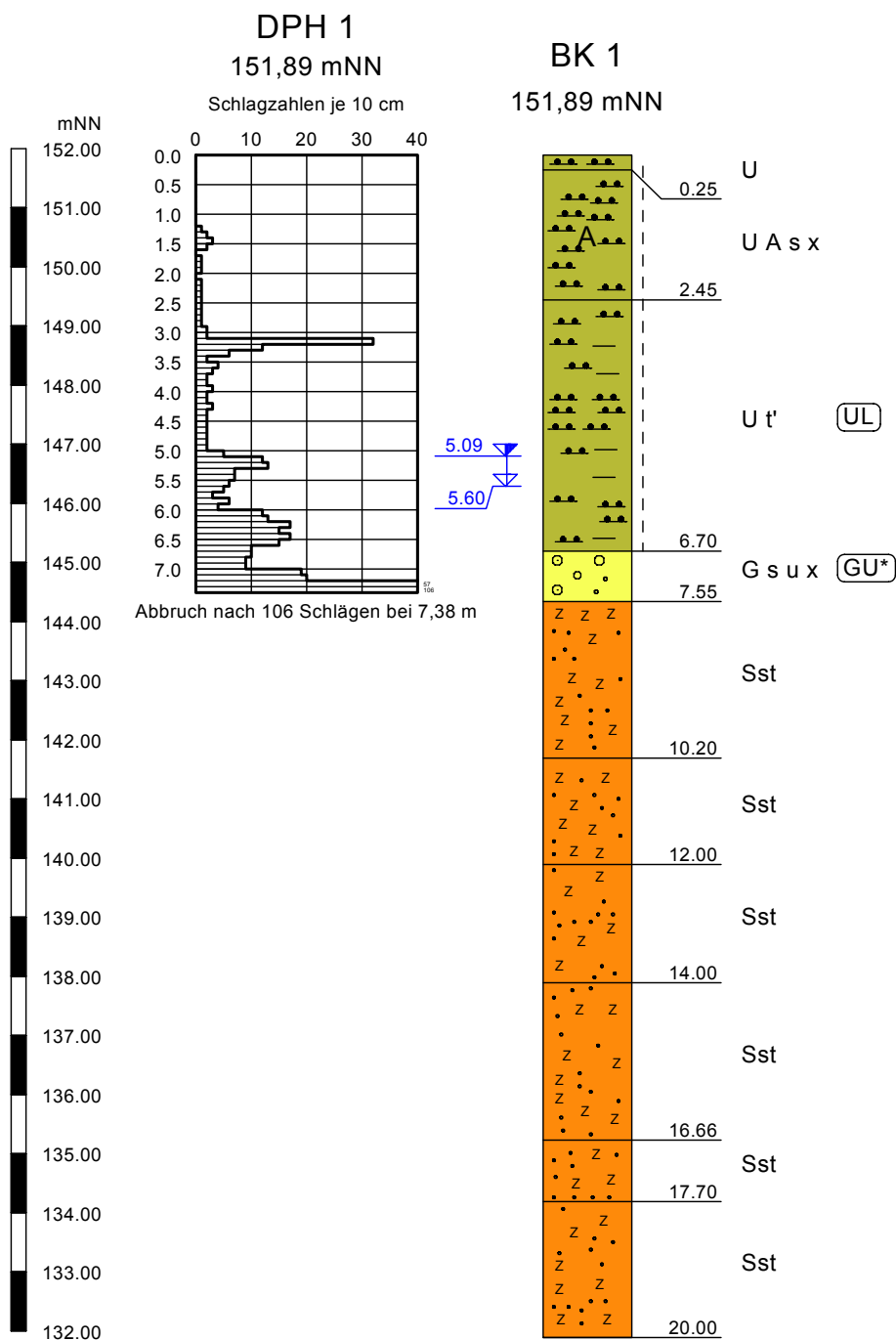
Foto 9: Bohrkerne BK 2 von 0,0 m bis 11,0 m



Foto 10: Bohrkerne BK 2 von 11,0 m bis 21,5 m

Weitere Fotos befinden sich auf beiliegender CD.

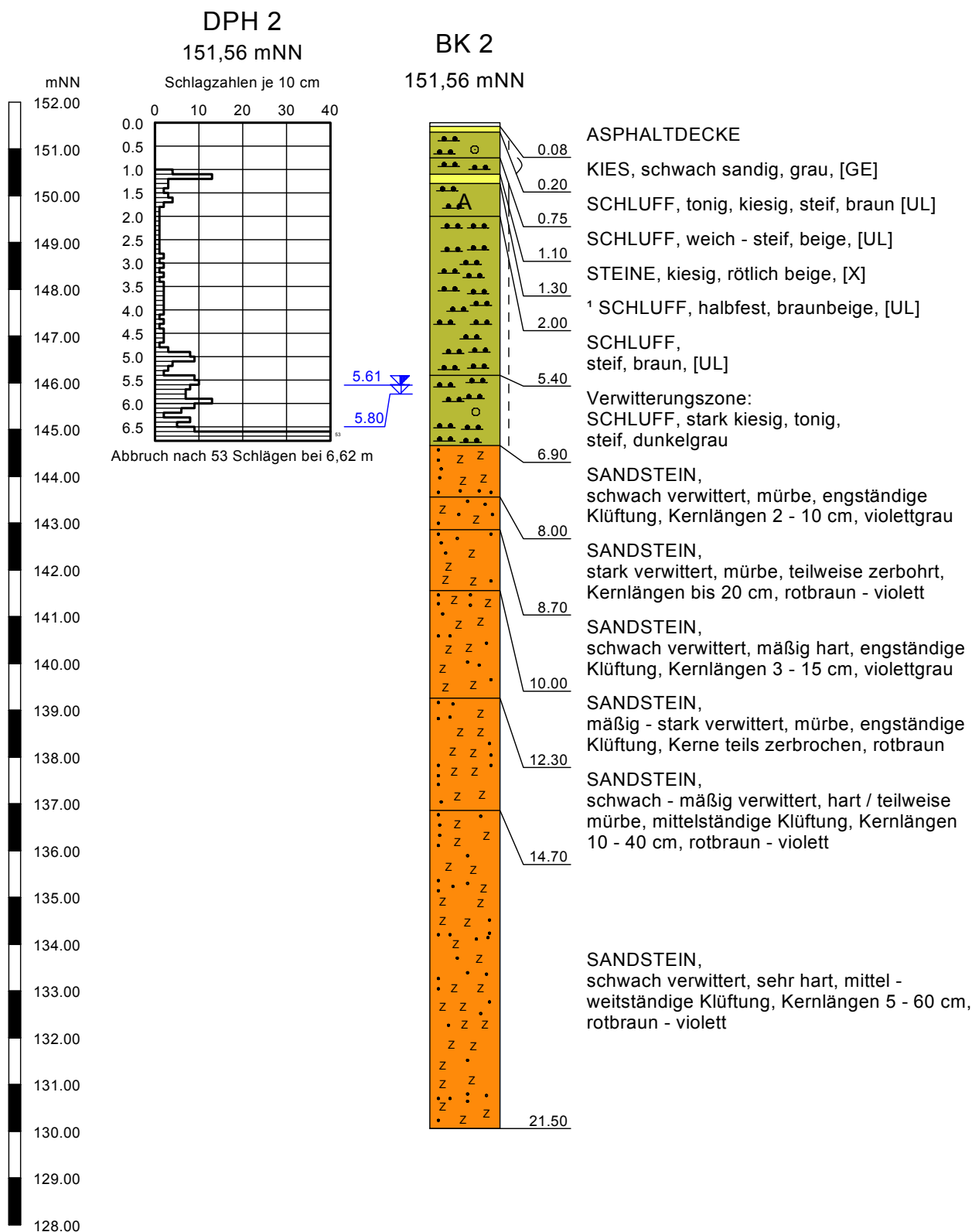
Rammdiagramme und Bohrprofile - M. 1:125



[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache

(...) Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

¹ enthält Fremdbestandteile ≤ 10 Vol.-% (Ziegelbruch)



[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache

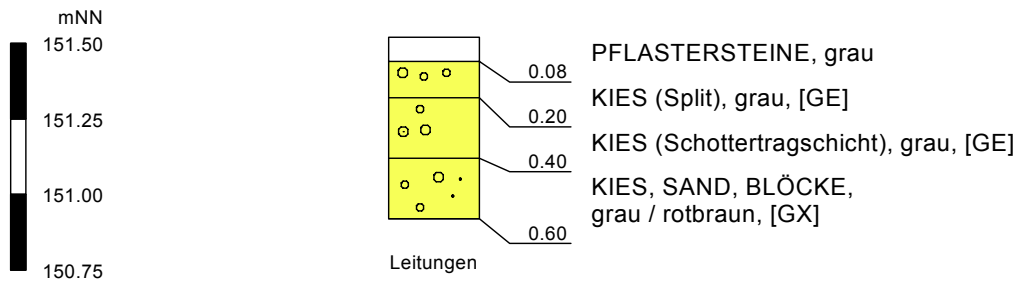
[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

¹ enthält Fremdbestandteile ≤ 10 Vol.-% (Ziegelbruch)

Schurfprofile - M. 1:25

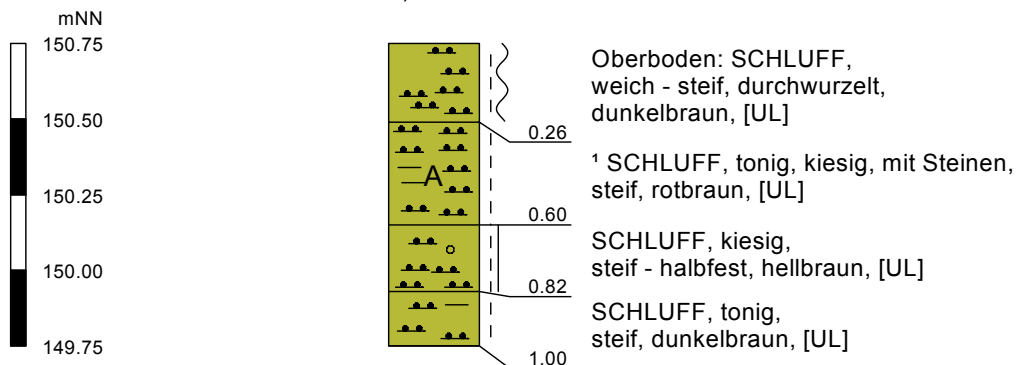
SCH 1

151,52 mNN



SCH 2

150,75 mNN

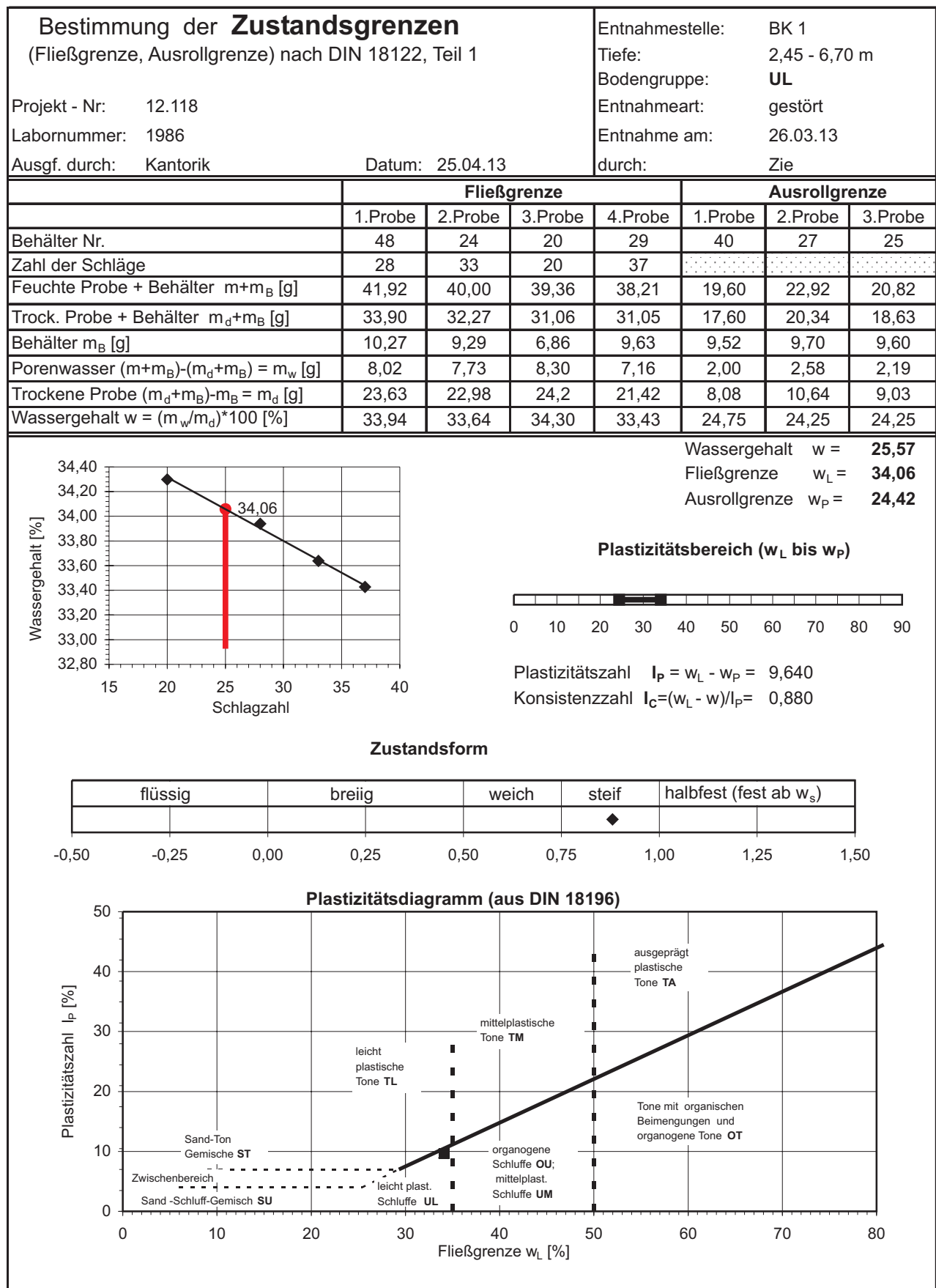


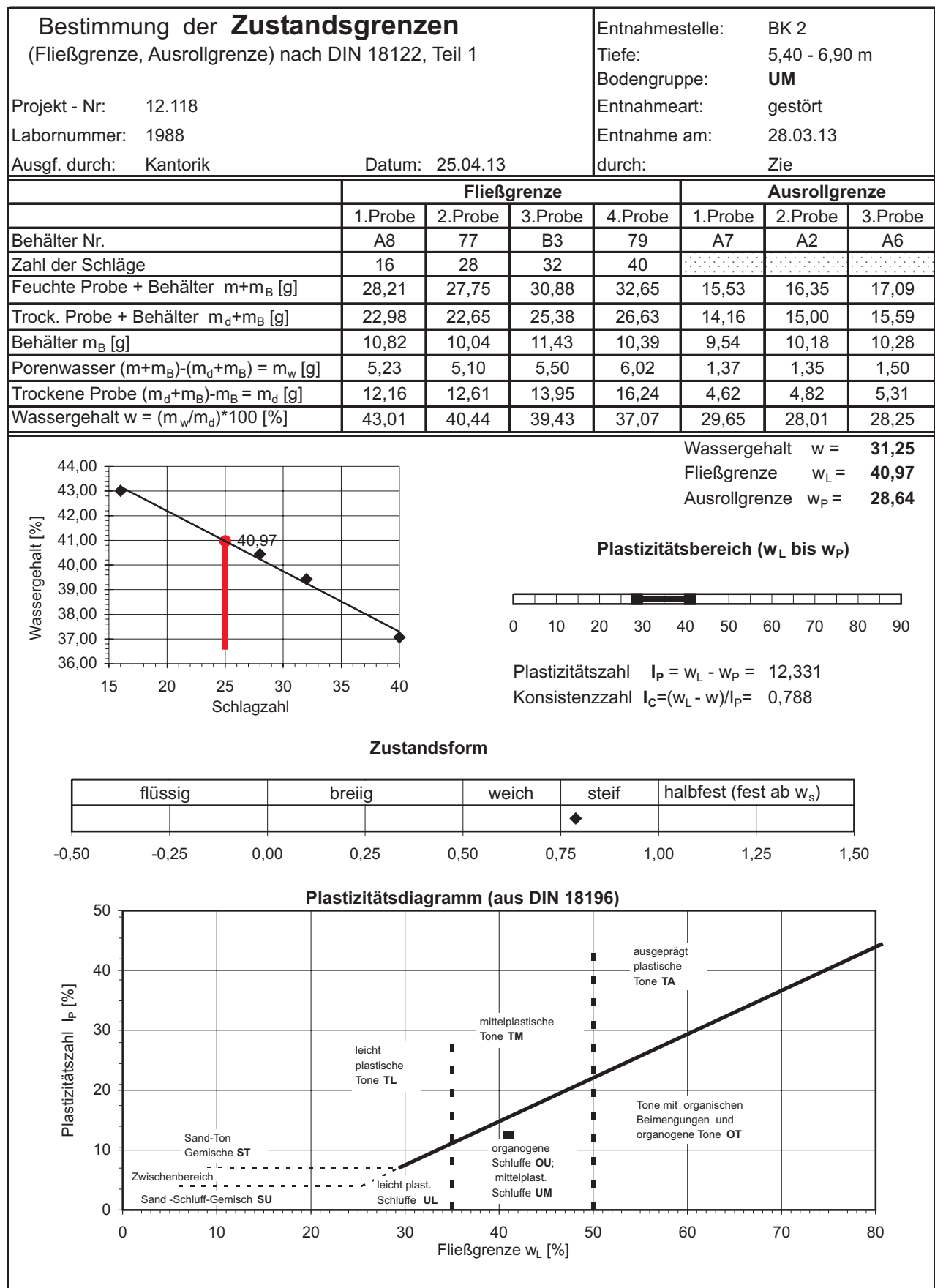
[...] Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Ansprache

... Bodengruppe nach DIN 18196 gemäß Labor

¹ enthält Fremdbestandteile < 10 % (Ziegelbruch)

Ergebnisse der Laborversuche





Prüfungszeugnis über den Nachweis der Druckfestigkeit an Bohrkernen

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe	Material	Anzahl Blätter
BK 1	10,59 – 10,77 m	Sandstein	1
BK 2	9,57 – 9,78 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. 24244

über den Nachweis der Druckfestigkeit an Naturstein- Bohrkernen.

Auftraggeber : augeon GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Projekt-Nr.: 12.118
Probenanlieferung: 26.04.13
Verhältnis Ø / h: 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	10,59 - 10,77	13.05.13	110	109	2,465	1480	2,381	155,8
BK 2	9,57 - 9,78	13.05.13	110	110	2,391	1060	2,288	111,6

* 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
945812	GW- Proben BK 1	Betonaggressivität nach DIN 4030	2

AGROLAB Labor Dr-Pauling-Str.3, 84079 BruckbergAUGEON GMBH & CO KG
NEBENIUSSTR. 36
76137 KARLSRUHEDatum 16.04.2013
Kundennr. 27015229
Seite 1 von 2

PRÜFBERICHT

Auftragsnr. 945812

Analysennr.	624365 Wasser
Auftrag	12.118 BÜ Kleinsteinbach
Probeneingang	12.04.2013
Probenahme	26.03.2013
Kunden-Probenbezeichnung	GW-Proben BK 1
Probenart	Grundwasser

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

Sensorische Prüfungen

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

Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		7,54	0		DIN 38404-C5
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	766	10		DIN EN 27888
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	855	10		DIN EN 27888

Kationen

Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,16	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	14	1		DIN EN ISO 17294-2 (E29)

Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	84	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	50	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	5,51	0,1		DIN 38409-H7-1
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	5,72	0,1		DIN 38409-H7-1

Summarische Parameter

Oxidierbarkeit (KMnO ₄ -Verbrauch)	mg/l	5,0	0,5		DIN 38409-H5
KMnO ₄ -Index (als O ₂)	mg/l	1,3	0,1		DIN 38409-H5

Berechnete Werte

Carbonathärte	°dH	15,4	0,3		berechnet
Carbonathärte	mg/l CaO	154			berechnet
Nichtcarbonathärte	°dH	1,8	0		berechnet
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	17,6	0		berechnet
Gesamthärte	°dH	17,2	1		berechnet
Gesamthärte	mg/l CaO	172			berechnet
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	5	1		DIN 4030

Datum 16.04.2013

Kundennr. 27015229

Seite 2 von 2

Auftragsnr. 945812 Analysennr. 624365

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert	Methode
Gesamthärte	mmol/l	3,07	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 Philipp Schaffler, Tel. 08765/93996-86

philipp.schaffler@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 1, Radunterstand Industriestraße
2. Lage:	siehe Lageplan Anlage 2
3. Zeitpunkt der Probennahme, Datum/Uhrzeit:	26.03.2013 / 11:00 – 11:30
4. Art der Probe:	Grundwasser
5. Entnahmegesetz:	Schöpfgerät

Entnahmedaten

6.a	Entnahmetiefe / Grundwasserhorizont:	5,09 m
6.b	Ruhewasserspiegel vor PN:	5,09 m
6.c	Abgesenkter Wasserspiegel bei PN:	5,09 m
6.d	Förderstrom:	m³/h
6.e	Pumpdauer bis PN:	Std.

Ergänzende Feststellungen vor Ort

7.a	Farbe:	orange
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 1 / 624365
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 + 4 x 0,25 l
11.	Bemerkungen / Begleitinformation:	lichtgeschützt, gekühlt, luftdicht

Karlsruhe, 11.04.2013

Ort, Datum

Stübner

Probennehmer, Unterschrift