

Tuttlingen-Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach

Bericht zur Geotechnik II

Projekt Nr. : 2190705.1

Auftraggeber : Stadt Tuttlingen
Rathausstraße 1
78532 Tuttlingen

Landkreis : Tuttlingen

Textseiten : 37

Anlagen : 13

Anhang : Bohrarchiv

Datum : 24.01.2022

Sachverständigenbüro
für Boden- und Grundwasserschutz
Mettnaublick 17 78476 Allensbach
Tel: 07533/933714 Fax: 07533/933715

Smolczyk & Partner GmbH
Untere Waldplätze 14 70569 Stuttgart
Tel: 0711/13164-0

Inhalt

	Seite
1. Bezug und Aufgabenstellung	3
2. Lage und Maßnahmenbeschreibung	4
3. Durchgeführte Arbeiten	4
4. Geologie und Grundwasser	5
5. Schadstoffe	8
6. Bodenmechanische Bewertung und Klassifikation des Baugrunds	8
7. Bautechnische Folgerungen	10
7.1 Bauwerke	11
7.2 Allgemeine Empfehlungen und Hinweise	15
7.3. Bautechnische Folgerungen nach Bauwerken im Detail	35
8. Baugrundüberprüfung und weiteres Vorgehen	36

Anlagen

	Anlage
- Übersichtsplan (M 1:10.000) mit Lage des Untersuchungsgebietes	1.1
- Übersichtsplan (M 1:1700) der Hochwasserschutzmaßnahmen mit neuen Bauwerken	1.2
- Lagepläne (M 1:500) mit früheren Erkundungspunkten und Sondierungen 2021	
- Abschnitt 0+150 – 0+330	2.1
- Abschnitt 0+330 – 0+500	2.2
- Abschnitt 0+500 – 0+720	2.3
- Lagepläne (M 1:500 / 1:85) mit charakteristischen Bohr- und Rammprofilen	
- Abschnitt 0+150 – 0+330	3.1
- Abschnitt 0+330 – 0+500	3.2
- Abschnitt 0+500 – 0+720	3.3
- Geologische Schnitte	
- Querschnitt (1:100) entlang der Schafmarktbrücke , Position 0+310	4.1
- Längsschnitt (1:200 / 1:50) Bauwerk 10, 0+260 – 0+310	4.2
- Längsschnitt (1:200 / 1:50) Bauwerk 206, 0+470 – 0+550	4.3
- Längsschnitt (1:200 / 1:50) Bauwerk 87, 0+620 – 0+690	4.4
- Ergebnisse der chemischen Analysen	5

Anhang

- Bohrarchiv

1. Bezug und Aufgabenstellung

Die Stadt Tuttlingen plant im Stadtteil Möhringen eine Verbesserung des Hochwasserschutzes entlang des Krähenbaches. In einer ersten Untersuchungsphase wurden von unserem Sachverständigenbüro Untergrundaufbau, Schadstoffbelastung und die Gründung der bestehenden Bauwerke erkundet, die Ergebnisse wurden im Bericht vom 30.01.2020 zusammengefasst.

Zwischenzeitlich wurde vom Ingenieurbüro Breinlinger eine Vorplanung der einzelnen Bauwerke längs des Krähenbaches erstellt. Für die weitere Planung, insbesondere die Gründung der Bauwerke, wurden vertiefte Kenntnisse der geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes und eine bautechnische Auswertung benötigt. Mit den notwendigen Untersuchungen wurden wir von der Stadt Tuttlingen auf der Grundlage eines Angebotes vom 10.10.2021 mit Ingenieurvertrag vom 20.10.2021 beauftragt. Folgende Unterlagen standen uns zur Verfügung:

- Lagepläne 1:500, IB Breinlinger, 16.07.2021, Versionen mit und ohne Leitungen
- Lageplan Bauwerksübersicht 1:500, IB Breinlinger, undatiert,
- Lagepläne und Schnitte 1:100, IB Breinlinger, Bauwerke 57, 59, 87, 90, 99, 205, 206, 207-208, Stützwand Esslinger Straße, 27.02.2021,
- Topographische Karte TK 25 digital,
- Geologische Karte GK 50, online-Portal des LGRB
- Geologische Karte GK 25, Blatt 8018 Tuttlingen mit Erläuterungen,
- Geotechnischer Bericht unseres Büros zum Bau der Schafmarktbrücke, 11.06.2019,
- Geotechnischer Bericht unseres Büros zur 20 kV-Trasse TS Sägewerk-TS Bächetal, 28.05.2019
- Geotechnischer Bericht unseres Büros zur 20 kV-Trasse TS Rathaus–TS Mittleres Ösch, 28.05.2019.
- Geotechnisches Gutachten Büro Smoltczyk & Partner zur naturnahen Umgestaltung des Krähenbaches, 20.05.1997.

2. Lage und Maßnahmenbeschreibung

Das Untersuchungsgebiet liegt im Ortskern der Tuttlinger Teilgemeinde Möhringen (Anlage 1.1). Es umfasst den Uferbereich des Krähenbaches zwischen der Fußgängerbrücke Brühlstraße und der Klingenbergstraße / Brücke Eßlinger Straße. Der natürliche Untergrund besteht unter den innerörtlichen Auffüllungen aus Talablagerungen des Krähenbaches und des Übergangsbereiches zu den kiesigen Ablagerungen des Donautales. Unter der jüngeren Talfüllung stehen in 5 m bis 8 m Tiefe Mergel und Kalksteine des Unteren Weißjura an, Impressamergel und der untere Übergangsbereich zu den wohlgeschichteten Kalken.

Das Gebiet liegt nach DIN 4149: 2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg, in Erdbebenzone 1. Die hier maßgebende Untergrundklasse ist R. Es ist mit Baugrundklasse B zu rechnen.

In der Anlage 1.2 sind die geplanten Baumaßnahmen entlang des Krähenbaches dargestellt. Im südlichen Abschnitt bis zum Kronenareal sind meist kürzere Hochwassermauern und Dämme vorgesehen. Es folgt ein Zwischenstück mit kleineren Eingriffen etwa bis auf die Höhe der Esslinger Straße Nr. 3. Auf dem Folgeabschnitt bis zur Brücke Esslinger Straße müssen sämtliche Stützmauer erneuert werden, da der Bestand nicht für eine Erhöhung geeignet ist. Besonders anspruchsvoll ist das Ostufer des Krähenbaches, wo zwischen Stützmauer und Bebauung nur wenige Meter zur Verfügung stehen.

Für die aus geotechnischer Sicht maßgebenden Bauwerke wird die Bauwerksbeschreibung in Abschnitt 7.1 ergänzt. Die Festlegung der sogenannten maßgebende beziehungsweise aus geotechnischer Sicht zu betrachtende Bauwerke fand in einer gemeinsamen Besprechung mit dem Planer, Breinlinger Ingenieure Hochbau GmbH, Herren Schöndienst und Müller-Laux, am 28.11.21 in Tuttlingen statt.

3. Durchgeführte Arbeiten

Aus einer Reihe von früheren geotechnischen Erkundungen (s. Unterlagen in Abschnitt 1) stehen Profile von 10 Kernbohrungen, 22 Kleinbohrungen, 2 Baggerschürfen und 2 Rammsondierungen zur Verfügung. Zur Ergänzung wurden am 25.10.2021

- 12 Sondierungen mit der schweren Rammsonde gem. DIN 4094 mit insgesamt 55,6 m

niedergebracht.

Alle Schichtenprofile und Rammprofile sind im Bohrarchiv im Anhang beigelegt. Alle Aufschlusspunkte wurden nach Lage von uns mit dem Maßband eingemessen und sind in den Anlagen 2.1 – 2.3 lagerichtig eingetragen. Aus der Erkundungen 2019 liegen auch

- 8 Analysen nach dem Parameterumfang der VwV 2007

(Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, 14.03.2007) vor, die in diesem Bericht nochmals kurz bewertet werden.

Der Abschnitt 7 „Bautechnik“ wurde vom Büro Smolczyk & Partner bearbeitet.

4. Geologie und Grundwasser

Die Profile der Bohrungen und Rammsondierungen geben jeweils einen punktuellen Einblick in den Aufbau des Untergrundes, aus dem unter Berücksichtigung unserer Kenntnisse der örtlichen Geologie ein Untergrundmodell entwickelt wird. Zur besseren Übersicht wird im folgenden die gesamte Baustrecke in Teilabschnitte unterteilt, die sich durch Unterschiede im Untergrundaufbau und in der Problemstellung ergeben.

Zur besseren Übersicht ist in den Anlagen 3.1 bis 3.3 eine Auswahl charakteristischer Profile dargestellt, dazu sämtliche Rammprofile. In den Anlagen 4.1 bis 4.4 sind zusätzlich vier Schnitte dargestellt.

ABSCHNITT 1: BRÜHLSTRAßE BIS BRÜCKE KRONENAREAL

Auf diesem Abschnitt sind überwiegend Dämme geplant, abschnittsweise sind auch neue Mauern vorgesehen. Der Untergrund ist vereinfacht in vier Einheiten zu untergliedern.

- Zuoberst liegt meist eine künstliche Auffüllung. Sie besteht überwiegend aus sandigem bis schluffigem Kies mit 10% bis 20% Steinanteil. Neben Kalksteinen besteht die Grobkomponente auch aus Bauschutt. In BBBS 01 und BBBS S2 (Schafmarktbrücke) überwiegt die weiche bis steife Schluffkomponente. Die Farbe der Auffüllung ist mittel- bis graubraun. Die Mächtigkeit schwankt stark, zwischen 0,3 m in BBBS 03 und BBBS 04, etwas über 1 m (BBBS 01, BBBS 05) und 2,5 m bei BBBS 06. Dort wurde offenbar eine Senke/Hohlraum mit schluffig-kiesigem Erdaushub verfüllt. Die Schlagzahlen der schweren Rammsonde liegen meist zwischen $n_{10} = 2$ und $n_{10} = 5$ mit einzelnen stabileren Zwischenlagen.

- Darunter folgt Auelehm. Er besteht aus tonigem Schluff, teils mit leichtem Sandanteil, der zum Liegenden zunimmt. Um BBBS 05 / BBBS 06 ist der Auelehm als sandiger Schluff ausgebildet. Er enthält typischerweise etwas organisches Material, darauf lassen auch die relativ hohen Wassergehalte zwischen 35% und 36% schließen. Die Konsistenz ist weich bis steif. Die Schlagzahlen der schweren Rammsonde liegen zwischen $n_{10} = 1$ und $n_{10} = 3$. Die Mächtigkeit dieser Lage beträgt 0,4 m bis 0,9 m. Um BBBS 05 / BBBS 06 wurde der Auelehm offenbar teilweise abgetragen.
 - Die nächste Einheit bilden junge Talablagerungen des Krähenbaches. Diese Schicht ist in den Anlagen 3 und 4 nicht als separate Einheit ausgeschieden, da sie sich geotechnisch nicht relevant von den Donaukiesen unterscheidet. Diese jungen Kiese des Krähenbaches liegen in BBBS S1 / S2, BBBS 03, und BBBS 04, also vermutlich etwa zwischen Bahnlinie und dem Rand des Kronen-Areals, zwischen Auelehm und Donaukies/-sand. Sie bestehen aus schluffigem, teils sandigem Kalksteinkies und können bis 15% Steine enthalten. In BBBS 03 besteht die Lage aus schwach kiesigem, weichem Schluff. Die Farbe ist mittel- bis dunkelbraun. Die Mächtigkeit liegt bei 0,5 m bis 0,8 m. In BBBS 01, und BBBS 05 fehlt die Schicht. In den Rammprofilen (außer DPH 4?) lässt sich diese Untergliederung der Kiese/Sande nicht sicher verfolgen, die Schlagzahlen liegen zwischen $n_{10} = 5$ und $n_{10} = 10$.
 - Die nächste Schicht besteht aus Donaukies und -sand. Überwiegend besteht diese Schicht aus stark sandigem Kies, in den Lagen von Sand oder schluffigem Sand eingeschaltet sind. In BBBS S2 herrscht bis 3,5 m / 4 m Tiefe der Sand vor. Die Grobkomponenten im Donaukies sind mäßig bis gut gerundet. Die leicht rosa getönte Braunfärbung rührt von einem Kristallinanteil her, es handelt sich also um reine Donauablagerungen. Nach den Rammsondierungen an der Schafmarktbrücke und den SPTs an der Brücke Brühlstraße ist mit lockerer bis mitteldichter Lagerung zu rechnen. Generell ist davon auszugehen, dass südlich der Eisenbahnbrücke der Donaukies auf den obersten 2 m locker gelagert ist, mit Schlagzahlen $n_{10} \leq 5$ bzw. $n_{30} \leq 10$. Darunter ist die Lagerung mitteldicht bis dicht mit stabilen Schlagzahlen $n_{10} > 10$.
 - Die tiefste Schicht bildet der Impressamergel, sie ist nur in den Kernbohrungen an der Brücke Brühlstraße in 5 m bis 5,5 m Tiefe erschlossen. Die obersten 30 cm bis 50 cm bestehen aus festem bis halbfestem Tonmergel, darunter folgt verwitterter, mürber Tonmergelstein.
- Grundwasser wurde in einigen Bohrungen angetroffen, der Wasserspiegel lag je nach Jahreszeit zwischen 646,6 mNN und 648,0 mNN und korrespondiert auf diesem Abschnitt weitgehend mit dem Donauwasserspiegel.

ABSCHNITT 2: KRONENAREAL BIS BRÜCKE ESSLINGER STRASSE

Diese Profile der Kleinbohrungen BBBS 08 bis BBBS 12 unterhalb der bestehenden Hochwassermauern beginnen mit rezenten Bachsedimenten. Sie bestehen aus tonigem, humosem Schluff mit groben Pflanzenresten. Die Konsistenz ist weich bis breiig. Der Wassergehalt einer Probe aus BS 09 lag bei 92,2%, der organische Anteil dürfte also > 30% liegen. Diese Schicht ist zwischen 0,25 m und 0,5 m mächtig und auf den unmittelbaren Uferbereich beschränkt.

- Meist bildet eine Auffüllung die oberste Schicht. Sie besteht aus grauem bis graubraunem, schluffig-sandigem Kies, der als Stüttschicht im Uferbereich bzw. als Sauberkeitsschicht unter Straßen und Wegen eingebracht wurde. Im Bereich des Krähenbaches wurde das Material offenbar zur Modellierung des Bachbettes eingebaut. Je nach Lage der Bohrungen unter Straßen und Wegen bzw. im Bereich von Leitungsgräben oder der Hinterfüllung von Ufermauern variiert die Mächtigkeit der Auffüllungen zwischen knapp 1 m und 2,5 m.

- Unter der Auffüllung folgt dort, wo er nicht abgetragen wurde, Auelehm. Er ist als weicher, toniger Schluff mit wechselnden Sand- und Kiesanteil ausgebildet. Die Mächtigkeit nimmt von der Brücke Kronenareal talaufwärts von 0,7 m – 1 m bis zur Brücke Anton-Braun-Straße (BBBS 12) auf 0,2 m ab. Die Ansprache ist im Bereich der Rammsondierungen DPH 9 – DPH 10 unsicher, die Depression in der Rammkurve kann auch auf aufgelockerte oder sandige Zonen im Krähenbachkies zurückzuführen sein.

Darunter folgen Krähenbachkiese. Sie bestehen aus sandigen, oft auch schluffigen Kiesen aus ungerundeten bis kantengerundeten Kalksteinbruchstücken. Oberhalb der Brücke Anton-Braun-Straße werden die Kiese leicht steinig. In der Kleinbohrung BBBS 13 wurde dort mit einem Mergel mit Kalksteinbruchstücken vermutlich eine Rutschscholle von Impressamergel angetroffen. Die Krähenbachkiese sind mitteldicht bis dicht gelagert, in den Kleinbohrungen mussten die Arbeiten mangels Bohrfortschritt in geringen Tiefen eingestellt werden. Die Schlagzahlen der schweren Rammsonde liegen in der Regel deutlich $> n_{10} = 10$. Ein SPT-Test in der Kernbohrung BBBK 07 musste in 3,7 m Tiefe nach der zweiten Rammstrecke ohne weiteren Fortschritt eingestellt werden.

- In der Kernbohrung BBBK 07 wurde in 8,3 m Tiefe Impressamergel angetroffen. Wie im Donautal beginnt er mit einem festen Tonmergel, der nach 0,4 m in dunkelgrauen, verwitterten Mergelstein übergeht.

Der Grundwasserspiegel korrespondiert mit dem Wasserspiegel des Krähenbaches und liegt im Normalfall 1,5 m bis 2 m unter dem Ufer- bzw. Straßenniveau, im Bereich der höher gelegenen Brücke Kronenareal wurde von S&P ein Flurabstand von 3,7 m bis 4 m gemessen.

5. Schadstoffe

Die angetroffenen Untergrundschichten wurden exemplarisch auf Schadstoffe untersucht, die Ergebnisse sind in der Anlage 5 zusammengestellt. Bachsedimente, Auelehm und Talablagerungen sind unauffällig. Die Auffüllungen, die erkennbar Bauschutt enthalten, sind mit PAK belastet und gemäß VwV als Z 2 einzustufen. Beide verunreinigte Proben entstammen der Hinterfüllung der bestehenden Mauern. Die flächige Auffüllung um BBBS 01 enthält Arsen in leicht erhöhter Konzentration, vermutlich ist das Schwermetall geogenen Ursprungs. Formal ist dieses Material als Z 1.1 zu bewerten. Die Auffüllung an der Schafmarktbrücke (BBBS S1) ist als Z 0 einzustufen.

Die Asphaltprobe aus BBBS 03 war mit 7,1 mg/kg PAK praktisch teerfrei, dieser Asphalt kann recycelt werden.

6. Bodenmechanische Bewertung und Klassifikation des Baugrunds

Die Auffüllungen bestehen aus sandigen, schluffigen Kiesen und leicht kiesigen Schluffen. Die Kiese sind überwiegend locker, teils (oberflächennah) mitteldicht gelagert, die Schluffe weich bis steif. Diese Lage ist sehr heterogen. Die Rammsondierungen weisen oberhalb der Anton-Braun-Straße deutlich höhere Schlagzahlen aus, dort muss also mit einer besseren Verdichtung gerechnet werden.

Die geringmächtige Auelehmlage ist aufgrund der hohen Wassergehalte und nach den Laboruntersuchungen S&P als ausgeprägt plastischer Ton (TA) anzusprechen. Oft geht der Auelehm zum Liegenden in einen schluffigen Sand und Sand über, bevor der Kies einsetzt. Der Auelehm ist für die Aufnahme nennenswerten Lasten nicht geeignet.

Die Talablagerungen des Krähenbaches und die Donaukiese und –sande verzahnen sich zwischen der Schafmarktbrücke und der Brücke Kronenareal. Die reinen Donaukiese sind anhand einiger Siebkurven benachbarter BV als weit gestufte Kiese (GW) mit einem Feinkornanteil < 5% einzustufen. Eingeschaltet sind gelegentlich Sandlagen (SW). Die oberen

2 m sind meist als locker gelagert einzustufen, darunter ist die Lagerung mitteldicht. Eine positive Ausnahme bildet hier DPH 2 nördlich der DB-Anlagen. Die *Krähenbachkiese* besitzen einen höheren Feinkornanteil und sind gemäß DIN 18196 als GT bzw. GT* einzustufen. Aufgrund der plattigen, wenig gerundeten Grobanteile und des erhöhten Feinkorns weisen sie bereits knapp unter der Oberfläche eine mitteldichte Lagerung auf, die zur Tiefe hin bis auf dicht ansteigen kann. Auch der Krähenbachkies kann Lagen von stark kiesigem Sand aufweisen. Zwischen den Brücken am Schafmarkt und am Kronenareal bildet der Krähenbachkies eine ca. 0,5 m bis 1 m mächtige Lage über dem Donaukies aus.

Anhand der Bodenansprache im Gelände sowie unserer Erfahrung mit bodenmechanisch gleichartigen Böden kann der anstehende Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch charakteristische Rechenwerte für erdstatische Untersuchungen beschrieben werden.

Geol. Bezeichnung	Bachsediment	Auffüllung	Auelehm	Donaukies	Krähenbachkies
Konsistenz Lagerungsdichte	breiig-weich	weich locker - mitteldicht	weich-steif	locker - mitteldicht	mitteldicht - dicht
<u>Klassifikationen</u> Bodengruppe (DIN 18196)	F, OT	A (GW, GU, GT, GT*, TA, UA)	TA, ST	GW, SW, SU	GT, GI, GT*, GU
Bodenklasse (DIN 18300)	2,3	3, 4, 5	3, 4, 5	3, 4	3, 4
Bodenklassen (DIN 18319)		LNW 1-2 LN 1-2, LBM 1, S 1, P 1-2	LBM 1 (-2) P 1-2	LNW 1-2	LNW 2-3 LN 2-3 S 1 (S 3)
Frostempfindlichkeit ZTVE StB		F2/F3	F2/F3	F1/F2	F2/F3
<u>Rechenwerte</u> Wichte γ (kN/m ³)	12-14	16-19	18-19	20-21	20
Unter Auftrieb γ' (kN/m ³)	4	7-11	9-11	10-11	12
K_f -Wert (m/s)		$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-6}$
Reibungswinkel ϕ' (°)	15	15 - 25	25	30 - 32,5	32,5-35
Kohäsion c' (kN/m ²)	0	0-5	5	0	0
Steifemodul E_s (MN/m ²) für Setzungsberechnung	---	---	5	≥ 20	≥ 40

Tabelle 1: Klassifikationen und charakteristische Rechenwerte

7. Bautechnische Folgerungen

Die knapp 600 m lange Baumaßnahme Hochwasserschutz Krähenbach beginnt im Süden bei Station 0+170 unmittelbar nördlich der Brücke am Anger auf Höhe der Brühlstraße. Die Maßnahme endet im Norden, Fließrichtung aufwärts, bei Station rund 0+740 bei der Brücke Esslinger Straße.

Die Sicherungsmaßnahme zur Herstellung eines um bis zu 0,8 m höheren Freibords des Krähenbachs beinhaltet Erd- und Ingenieurbauwerke. Die Bauwerke sind gemäß DIN 1054 in die Geotechnische Kategorie 2 (GK 2) einzuordnen.

Im Wesentlichen sind es drei Sicherungsmaßnahmen die in der aktuell vorliegenden Planung umgesetzt werden sollen. Diese sind:

- Stützmauern ohne Rückverankerung,
- Stützmauern mit Rückverankerung und
- Erdbauwerke.

Die aus geotechnischer Maßnahme relevanten Bauwerke werden in Abschnitt 7.1 beschrieben.

Für den angetroffenen und beschriebenen Baugrund können zur weiteren Planung und Herstellung der in Abschnitt 7.1 beschriebenen Bauwerke allgemeine Empfehlungen und Hinweise

- zu Arbeiten im Gewässer (Abschnitt 7.2.1),
- zu bautechnischen Lösungen (Abschnitt 7.2.2),
- zur Gründung (Abschnitt 7.2.3),
- zum Herstellen der Baugruben und Wasserhaltung (Abschnitt 7.2.4),
- zum Einfluss des Grundwassers (Abschnitt 7.2.5),
- zur Bodenvernagelung (Abschnitt 7.2.6),
- zu Erd- und Dammarbeiten (Abschnitt 7.2.7)
- zu Kolkschutz (Abschnitt 7.2.8) und
- zu Verkehrsflächen (Abschnitt 7.2.9)

gemacht werden.

In Abschnitt 7.3 werden, sofern es Bauwerke erfordern, die Bautechnischen Folgerungen aus Abschnitt 7.2 detailliert für das entsprechende Bauwerk beschrieben.

7.1 Bauwerke

Die Bauwerke werden von Süd nach Nord, der Stationierung folgend und entgegen der Fließrichtung des Krähenbachs beschrieben.

7.1.1 Bauwerk-Nummer 94, Dammbauwerk

Das bestehende Dammbauwerk zwischen Station rund 0+165, Brücke am Anger, und Station 0+240, Bahnbrücke, Fließrichtung rechts, soll im Rahmen der Hochwasserschutz-maßnahme um circa 0,2 m erhöht werden.

Das Dammbauwerk ist zum Bachufer, Ostseite, mit Sträuchern und Bäumen bewachsen. Zur Westseite mit Rasen begrünt. Am westlichen Dammfuß grenzt das Flurstück 45/4 an. Die Breite der bestehenden Dammkrone beträgt zwischen rund 1 m und knapp 4 m.

Das Kronenniveau geht aus den uns vorliegenden Unterlagen nicht hervor. Jedoch können wir aus unseren Unterlagen, Standsicherheitsnachweise aus dem Jahr 1997, entnehmen, dass die Krone bei 650,5 mNN geplant war.

7.1.2 Bauwerk-Nummer 98, Dammbauwerk

Zwischen der Bahnbrücke und der Schafmarktbrücke am Westufer, beziehungsweise Station 0+250 und 0+310 und Fließrichtung rechts, soll das Gelände um bis zu 1 m angehoben werden.

Das bestehende Gelände von der Marktgasse 24 im Westen fällt nach Osten über eine langgezogene Böschung zum Krähenbach ab. Das Flurstück 239 soll zum Krähenbach mit einer 1 m hohen Geländemodellierung, Erddamm, naturnah und überflutungssicher umgestaltet werden.

7.1.3 Bauwerk-Nummer 90, Winkelstützmauer

Am Ostufer zwischen der Bahnbrücke und der Schafmarktbrücke, beziehungsweise Station 0+250 und 0+310 und Fließrichtung links, ist eine bis circa 1 m hohe Winkelstützmauer

geplant.

Zwischen den Flurstücken 481/13 und 481/17 im Osten und dem Krähenbach verläuft von Nord nach Süd und Bachparallel ein Fußweg. Auf der Grenze zuletzt genannter Flurstücke verläuft eine wenige Dezimeter hohe Gartenmauer mit aufgesetztem Zaun. Die Winkelstützmauer soll die Gartenmauer mit Zaun ersetzen und zum Hochwasserschutz des Ostufers beitragen.

7.1.4 Bauwerk-Nummer 201, Dammbauwerk

Zwischen der Schafmarktbrücke im Süden bei rund Station 0+315 und der Station rund 0+390 bei der Grenze von Flurstück 470 soll das Ostufer des Krähenbachs mit einem Dammbauwerk mit einer Kronenhöhe von bis zu 1 m gesichert werden.

Das Ostufer im beschriebenen Abschnitt zwischen Krähenbach und dem Gehrengässle ist nahezu eben und nicht überbaut. Bereichsweise sind mit Sträucher und Bäumen gewachsene Erdwälle mit geringer Höhe, wenige Dezimeter, vorhanden.

7.1.5 Bauwerk-Nummer 99, Winkelstützmauer

Das Westufer zwischen der Schafmarktbrücke im Süden und der Station 0+390 auf Höhe des Flurstücks 272 soll durch eine neue Winkelstützmauer mit einer Höhe über Gelände von ca. 0,8 m gegen Hochwasser des Krähenbachs gesichert werden.

Das Westufer dieses Abschnitts fällt von Norden bei rund 651,3 mNN auf rund 650,4 mNN bei Station rund 0+340 ab bevor zur Schafmarktbrücke bei rund 651,3 mNN ansteigt. Die Rampe zur Schafmarktbrücke, Baujahr 2020, ist zum Krähenbachufer temporär mit einer Natursteinmauer gesichert. Die temporäre Sicherung soll durch eine Winkelstützmauer ersetzt werden. Nördlich der Brücke sind keine Bauwerke zur Ufersicherung vorhanden.

7.1.6 Bauwerk-Nummer 59, Schwergewichtsmauer

Der Krähenbach ist zwischen Station rund 0+390 bis rund 0+450 bei der Brücke am Kronenareal seitlich durch Schwergewichtsmauern begrenzt und hat hier nur eine Gesamtbreite von 2 m an der engsten Stelle

Das Freibord die das Ostufer sichernde Schwergewichtsmauer aus Ortbeton ist zwischen rund 0,2 m und rund 0,8 m zu niedrig. Im Bereich des Flurstücks 470 ist der Abstand der

Wohnbebauung zur Schwergewichtsmauer gering, auf dem Flurstück 470/1 sitzt das Wohngebäude mit seiner nordwestlichen Ecke auf der Schwergewichtsmauer auf.

Das Westufer ist durch eine Natursteinmauer mit aufgesetztem Kopfbalken gesichert. Das Freibord am Westufer ist ausreichend hoch.

Wegen der geringen Breite von rund 2 m zwischen Station 0+390 und 0+410 darf der Bachquerschnitt nicht weiter reduziert werden.

Die aktuell vorliegende Planung sieht vor, der bestehenden Stützmauer auf der Ostseite im Bereich der Flurstücke 470 und 470/1 eine rückverankerte Spritzbetonsicherung vor-zubauen. Inwieweit eine Rückverankerung bei und unterhalb des Wohngebäudes möglich ist, steht noch nicht fest. Durch die Spritzbetonsicherung verjüngt sich der Bachquer-schnitt, was nicht zulässig ist. Aus diesem Grund soll die westliche Einfassung, Natursteinmauer mit Kopfbalken, vollständig abgebrochen und weiter westlich in gleicher Art wieder neu aufgebaut werden.

7.1.7 Bauwerk-Nummer 205, Winkelstützmauer

Am Westufer zwischen der Brücke und Brücke Anton-Braun-Straße, Station rund 0+495 bis 0+545, verläuft ein unbefestigter Fußweg auf einer Höhe zwischen rund 651,7 mNN und 652,0 mNN. Die Hochwasserschutzmaßnahme erfordert eine Erhöhung des Freibords von bis zu 0,5 m über dem Fußweg.

In der Planung stehen zur Diskussion die Errichtung einer Winkelstützmauer zwischen Fußweg und Krähenbach oder, da die westlich verlaufende Esslinger Straße, K 5944, höher liegt, eine Erhöhung des Fußweges, sodass dieser im Vergleich zur Esslinger Straße in Dammhöhe mit geringer Höhe verläuft.

7.1.8 Bauwerk-Nummer 16, Brücke Anton-Braun-Straße

Die Brücke Anton-Braun-Straße soll nach der Baumaßnahme nur als Rad- und Fußwegbrücke genutzt werden. Eine Überfahrt mit Kraftfahrzeugen soll nicht mehr zulässig sein. Die Aluminium-Leichtbaubrücke soll abgebaut und nach Erhöhung beider Wiederlager an gleicher Stelle auf höherem Überfahrtsniveau eingebaut werden.

Damit der geplante Bachübergang auf rund 0,6 m höherem Niveau barrierefrei möglich ist, sind bachparallele Rampen geplant.

7.1.9 Bauwerke-Nummer 206-1 und 206-2, Winkelstützmauer

Zwischen Station rund 0+475 und Station 0+510 verläuft bachparallel in Fließrichtung links ein Fußweg, dessen Niveau und das Niveau der angrenzenden Flurstücke 468 und 465 vor Hochwasser zu schützen sind.

Für diesen Abschnitt wird derzeit der hydraulische Abfluss des Krähenbachs auf Grund dessen Rampe in der Bachsohle im Detail untersucht. In Abhängigkeit dieses Ergebnisses kann unter Umständen eine Sicherung durch eine Winkelstützmauer entfallen.

Entgegen der Fließrichtung des Krähenbachs zwischen Station 0+510 und Brücke Anton-Braun-Straße ist am Ostufer eine Winkelstützmauer mit einer Höhe von rund 0,6 m über dem Gelände geplant. Das Gelände liegt in diesem Abschnitt auf einer Höhe zwischen rund 652,1 mNN und 652,3 mNN.

7.1.10 Bauwerk-Nummer 87 A-D, Ufersicherung Stützmauer

Das längste Bauwerk ist am Westufer zwischen der Brücke Anton-Braun-Straße bei Station 0+555 und Station 0+740 dem nördlichen Bauende geplant. Die Planung für die um circa 0,9 m höhere Ufersicherung bezogen auf das dahinterliegende Straßen- beziehungsweise Wegniveau ist weitreichend und steht im Detail noch nicht fest.

Die beengten Platzverhältnisse, Wegbreite von rund 1,5 m, sind vor allem im nördlichen Abschnitt ab Höhe Klingenbergstraße nicht für jede Sicherungsmaßnahme ausreichend, sodass dieser Abschnitt beziehungsweise das Bauwerk neben dem Bauwerk-Nummer 59 besonders zu betrachten ist.

Das Gelände steigt von Süd nach Nord, entgegen der Fließrichtung des Krähenbachs und innerhalb dieses Abschnitts von rund 652,3 mNN auf rund 653,5 mNN an.

Geplant ist die bestehende Ufersicherung durch vernagelte Sicherung mit höherem Freibord über Straßenniveau zu ersetzen.

7.1.11 Bauwerke-Nummer 207 und 208, Ufersicherung Stützmauer

Das rechte Ufer des Krähenbachs zwischen Station 0+560 und 0+630 wird derzeit von einer Natursteinmauer gesichert. Die Standsicherheit der Natursteinmauer ist nach Aussage des Planers nicht gegeben.

Eine Erhöhung des Freibords von 0,5 m, rund 0,25 m über aktuellem Straßenniveau, wird für

den Hochwasserschutz erforderlich. Zur Diskussion steht eine vernagelte Spritzbetonsicherung, analog zu gegenüberliegenden Wand, Bauwerk-Nummer 87, oder ein Erddamm mit Hochbord für nur 0,3 m statt 0,5 m Freibord.

7.1.12 Bauwerke zwischen Station 0+660 und 0+710, Fließrichtung rechts, Winkelstützmauer

Oberhalb der naturnahen rechten Uferböschung zwischen Station 0+660 und 0+710 verläuft bach- und straßenparallel ein Fußweg. Das Freibord innerhalb dieses Abschnitts ist um bis zu 0,45 m zu niedrig.

Geplant ist eine Winkelstützmauer zwischen der bestehenden Uferböschung und dem Fußweg.

7.2 Allgemeine Empfehlungen und Hinweise

Für die in Abschnitt 2 und 7 beschriebenen Randbedingungen werden im Weiteren für die angetroffenen und beschriebenen Baugrundverhältnisse Empfehlungen und Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung gegeben.

7.2.1 Arbeiten im Gewässer

Sollten die Platzverhältnisse an Land nicht ausreichen, die gewählten Bauverfahren ein Arbeiten vom Gewässer aus erfordern oder muss unterhalb dem Bachwasserspiegel gearbeitet werden, können folgende sichernde Maßnahmen erforderlich werden:

- temporäre Einengung des Bachbettes durch Aufschüttung einer Arbeitsebene innerhalb des Bachbettes,
- temporäre Verdolung des Bachlaufes im Bereich der Bauarbeiten oder
- Trockenlegung des Bachlaufes durch Pumpen und Wiedereinleitung des Abflusses in das Bachbett unterhalb der Baumaßnahmen.

Aufschüttung einer Arbeitsebene innerhalb des Bachbettes: Das Aufschütten von Arbeitsebenen in Teilbereichen des Bachbettes sollte mit natürlich gebrochenen Gesteinen erfolgen. Insbesondere eignet sich hier Grobschotter, z.B. der Körnung 25/200 mm, der bis knapp oberhalb des Wasserstandes eingebaut und auf diesem Niveau auch verdichtet werden

kann. Wir empfehlen vor dem Einbau des Grobschotters die Bachsohle von flüssigem und breiigen Schlick zu säubern.

Arbeitsebenen im Schutze einer **temporären Verdolung** können ebenfalls unter Berücksichtigung obiger Empfehlungen hergestellt werden. Sollte ein Arbeiten im Bach erforderlich werden, ist unabhängig der beschriebenen Gründungs- und Sicherungsvarianten ein Bodenaustausch der flüssigen und breiigen Bachsedimente in Verbindung mit dem Einbau von Grobschotter erforderlich, da neben der Erhöhung der Tragfähigkeit des Baugrunds vor allem ein trockenes und sicheres Arbeitsplanum erstellt werden kann. Bei Erfordernis kann auf den Grobschotter grobkörniges Fremdmaterial, z.B. der Körnung 5/45 mm, gegebenenfalls auch Vorsieb-Material mit einem Feinkornanteil < 10 % oder vergleichbar, eingebaut werden.

Sowohl Grobschotter als auch grobkörniges Fremdmaterial soll frei von Schadstoffen sein. Recyclingbaustoffe dürfen nicht zum Einsatz kommen. Die Umverlegung und der Einsatz von temporären Baustoffen ist mit dem zuständigen Amt abzustimmen.

Innerhalb der Maßnahme sind, wie bereits in Abschnitt 4 beschrieben, Baugrund und Grundwasser verschieden, sodass hinsichtlich Wahl der geeigneten Gründungvariante, eine Unterteilung in einen südlichen Abschnitt, Brühlstraße bis Brücke Kronenareal, und einen nördlichen Abschnitt, Brücke Kronenareal bis Esslinger Straße, erforderlich werden.

Im südlichen Abschnitt werden aufgrund der hohen Durchlässigkeit der Donaukiese und des mit der Donau korrespondierenden Grundwasserspiegels, Arbeiten im und unterhalb des Grundwassers weitgehend zu begrenzen, da diese nur mit einem hohen technischen und wirtschaftlichen Aufwand verbunden sind.

In diesem Abschnitt wäre eine Wasserhaltung nur mit Tiefbrunnen, die unter die Aushubsohle der Bauwerke reichen, möglich. Auf Grund der großen Ergiebigkeit des Grundwasserleiters und den hohen Durchlässigkeiten der Donaukiese können abhängig von der Größe der Absenkung zu erwartende Pumpleistungen von 50 l/s bis 100 l/s bereits bei Absenktiefen von 1 m führen. Aus wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Gründen sowie möglichen Auswirkungen auf die Nachbarschaft wird in diesem Abschnitt keine Wasserhaltung empfohlen.

Mit Hilfe einer Tiefgründung, siehe Abschnitt 7.2.3, können im südlichen Abschnitt Bauwerke im und unterhalb des Grundwasserspiegels gegründet werden.

Im nördlichen Abschnitt, Brücke Kronenareal bis Brücke Esslinger Straße, korrespondiert der Grundwasserspiegel mit dem Wasserspiegel des Krähenbachs. In diesem Abschnitt sind die Durchlässigkeiten des anstehenden Krähenbachkieses meist geringer und die bindigen Deckschichten etwas mächtiger, so dass hier auch mit einer offenen Wasserhaltung eine Absenkung des Grundwassers erreicht werden kann. Bei ausreichender Umleitung des Abflusses des Krähenbachs, sollten im Fall einer erforderlichen Grundwasserabsenkung in diesem Bereich Schmutzwasserpumpen mit Pumpleistungen von bis 10 l/s vorgehalten werden und die Grundwasserabsenkung auf $< 0,5$ m beschränkt bleiben.

In diesem Zusammenhang wird empfohlen unterhalb des Grundwasserspiegels Unterwasserbeton einzusetzen, damit der Beton für die tragenden Bauteile entmischungsfrei eingebaut werden kann. Zusätzlich sollte der Einbau von Beton und unter Wasser mit Hilfe von Fallrohren (Contractor-Verfahren) erfolgen.

Arbeiten bei Krähenbachhochwasser beziehungsweise Hochwasserständen werden nicht empfohlen. In der Ausschreibung sollten daher Bauzeitunterbrechungen berücksichtigt werden welche unvorhersehbar beziehungsweise auf Naturgefahren zurück zu führen sind.

Für Arbeiten im Grundwasser wird ein wasserrechtliches Verfahren zur Erteilung einer Erlaubnis erforderlich. Für das Verfahren können wir Sie gerne fachlich beraten und tätig werden.

7.2.2 Bautechnische Lösungen

Die Ufer sollten auch in urbanen Gebieten so naturnah und erlebnisreich wie möglich gestaltet werden. Der ingenieurb biologischen Bauweise ist auch im urbanen Raum nach Möglichkeit der Vorzug zu geben. Dabei sind offene, naturnahe Bauweisen gegenüber abdichtenden Bauweisen wie Pflasterungen oder betonierten Uferböschungen, mit Ausnahme bei sehr beengten Platzverhältnissen vorzuziehen.

Auch bei Ufermauern ist der offenen Bauweise in Form von Trockenmauern der Vorzug gegenüber abdichtenden Bauweisen zu geben. Trockenmauern lassen einen Ausgleich der Wasserspiegellagen vom Fluss zum Erdreich und umgekehrt zu, Trockenmauern sind vielfältiger Lebensraum für eine angepasste Flora und Fauna und erleichtern eine ansprechende Gestaltung.

Um das Ortsbild nicht durch massiven Bauwerke negativ zu beeinträchtigen, kann, sofern es der Abflussquerschnitt des Krähenbachs zulässt, eine Schutzmauer gestaffelt oder in Form von Treppenstufen, die auch als Begegnungsstätte am Wasser dienen können, gestaltet werden.

7.2.3 Gründung und erdstatische Nachweise

Möhringen liegt nach DIN 4149:2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen, hier für Baden-Württemberg, in Erdbebenzone 1. Die hier maßgebende Untergrundklasse ist R, die Baugrundklasse ist B.

Da Möhringen nach den RStO 12 in Frosteinwirkungszone II liegt, empfehlen wir eine Mindesteinbindetiefe von 1,0 m unter Gelände vorzusehen.

Für Stützwände ist eine entsprechende Planung und statische Berechnung erforderlich und unter anderem folgende Nachweise zu führen sind:

- Gleitsicherheit in der Sohlfuge nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054,
- Grundbruchsicherheit nach DIN EN 1997-1 und DIN 4017 (Nachweis über Angabe von Bemessungswerten des Sohlwiderstands ist hier unter anderem aufgrund der exzentrischen Belastung beziehungsweise horizontalen Einwirkungen nicht anwendbar, wobei wir Angaben für erste Vorbetrachtungen machen, siehe unten),
- Geländebruchsicherheit nach DIN EN 1997-1 und DIN 4084 sowie
- Nachweis der zulässigen Außermittigkeit der Resultierenden in der Sohlfuge beziehungsweise Kippsicherheit.

Stützwände beziehungsweise Fertigteil L-Wände: Für Fertigteil L Steinwände liegen in der Regel beim Hersteller sogenannte Typenstatiken vor, so dass die Konstruktion auf dieser Basis dimensioniert beziehungsweise ausgewählt werden. Die jeweiligen Randbedingungen

(Verkehrslasten und Wasserdruck) müssen in der entsprechenden Typenstatik berücksichtigt sein.

Unabhängig der uns vorliegenden Planunterlagen und der damit annäherungsweise bekannten frostsicheren Tiefenlage der Gründungssohlen, wird diese in den Auffüllungen, im Auelehm und teilweise in den Kiesen liegen.

Auf Grund der durchgehend weichen Konsistenz des Auelehms empfehlen wir die Gründung der Stützbauwerke in den Kiesen, Krähenbachkiese oder Donaukiese, vorzunehmen. Dabei können Tieferführungen erforderlich werden, wofür bezogen auf den Meter Streckenabschnitt kleinere Kubaturen grobkörniges Fremdmaterial, siehe unten, oder unbewehrter Beton vorzusehen und auszuschreiben sind. Oberhalb des Grundwasserspiegels kann grobkörniges Fremdmaterial eingesetzt werden. Darunter ist unbewehrter Beton, der auch unter Wasser eingebaut werden kann vorzuziehen.

Liegt die Gründungssohle bereits in den Kiesen ist kein Bodenaustausch unterhalb der Gründungssohle erforderlich. Eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton ist dann ausreichend.

Der Bodenaustauschschicht mit grobkörnigem Fremdmaterial ist mit einer Stärke von mindestens 30 cm vorzusehen. Für den Bodenaustausch empfehlen wir Material der Körnung 0/45 mm bis 0/63 mm:

- natürliches Tragschichtmaterial oder
- Vorsiebmaterial, Feinkornanteil < 10 %.

Die Verdichtungsanforderungen in den Bodenaustauschbereichen werden nach ZTV E-StB 17 entsprechend der Zuordnung der gelieferten Böden oder Mineralgemische zu den jeweiligen Bodengruppen nach DIN 18 196 definiert.

In Anlehnung daran empfehlen wir einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ der einfachen Proctordichte zu fordern.

Ergänzend beziehungsweise ersatzweise können für den Nachweis des Verdichtungsgrades D_{Pr} für grobkörnige Materialien indirekte Versuche mit statischen beziehungsweise dynamischen Plattendruckversuchen durchgeführt werden. Wegen der nur geringen Stärke des Bodenaustauschmaterials ist es bei indirekten Nachweisen ausreichend auf der

Oberfläche aus dem statischen Plattendruckversuch ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ beziehungsweise ein dynamischer Verformungsmodul von etwa $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen, der gegebenenfalls am statischen Plattendruckversuch zu kalibrieren ist.

Auf Grund des maßgebenden Einflusses der Horizontalbelastung aus Erddruck und Verkehrslasten kann für die Gründung eine zulässige Sohlspannung nicht vorab angegeben werden. Für die Stützmaßnahmen sind daher mit den in Tabelle 1 des Abschnitts 6 genannten Rechenwerte oben genannte Nachweise zu führen.

Für erste (Vor-)Entwurfsbetrachtungen haben wir unter Annahme der Geometrie und den nachfolgend genannten Randbedingungen den Bemessungswert des Sohlwiderstands berechnet:

- Für Stützwände zwischen Station 0+660 und 0+710, Fließrichtung rechts,
- Baugrubensohle in den Krähenbachkiesen,
- Verhältnis der horizontalen zur vertikalen Einwirkung:
- $H/V \leq 0,2$ (ständige Bemessungssituation BS-P) bzw.,
- $H/V \leq 0,4$ (außergewöhnliche Bemessungssituation BS A),
- Ausmitte im Fundament $e = b/6$ bzw. $e = b/3$;
- Einbindetiefe von $t = 1,0 \text{ m}$ (Frosttiefe)

Danach kann der Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für (Vor-) Entwurfsberechnungen für Fundamentbreiten ab $b = 1,0 \text{ m}$ zu:

- $\sigma_{R,d} = 175 \text{ kN/m}^2$ (ständige Bemessungssituation BS-P) bzw.
- $\sigma_{R,d} = 125 \text{ kN/m}^2$ (außergewöhnliche Bemessungssituation BS-A)

angesetzt werden.

Bei Ausnutzungen der angegebenen Sohldruckspannungen liegen die rechnerischen Setzungen bei $s < 1 \text{ cm}$.

Wir weisen darauf hin, dass der Bemessungswert insbesondere stark vom Verhältnis H/V abhängt und mit kleinerem Verhältnis zunimmt.

Mit Hilfe eines Fundamentsporns kann insbesondere die Gleitsicherheit erhöht werden.

Wenn kleine Verformungen unkritisch sind, können die Stützwände für den aktiven Erddruck bemessen werden. Im Einflussbereich setzungsempfindlicher Bebauung (Straßen, verformungsempfindliche Leitungen) empfehlen wir einen erhöhten aktiven Erddruck $E_h = 0,5 \cdot E_{ah} + 0,5 \cdot E_0$ anzusetzen.

Außerdem darf bei dem Nachweis der Gleitsicherheit der Erdwiderstand zur Hälfte berücksichtigt werden.

Alternativ können Stützwände auch als eingespannte Systeme vergleichbar der Ausbildung von Lärmschutzwänden zur Ausführung kommen. Aufgrund der verhältnismäßig hohen Außermittigkeit der Belastung, den teils begrenzten Platzverhältnissen und zur Minimierung der Eingriffe ins Grundwasser wird in diesem Fall eine Tiefgründung über Rammrohrpfähle empfohlen. Rammrohre können wegen der geringen erforderlichen Einbindungen mit Anbaugeräten an Mobilbaggern hergestellt werden. Zur Abtragung der vertikal und horizontalen Einwirkungen werden vermutlich Einbindelängen bis maximal 3 m unter die Bachsohle erforderlich, also insgesamt etwa 4 m lange Pfahlelemente.

Für den Nachweis der Pfähle sind die einschlägigen Normen, insbesondere DIN EN 1997-1 und die DIN 1054, zu beachten. Hinsichtlich der Ausführung der genannten Pfahltypen wird bei Rammrohrpfählen die DIN EN 12699 maßgebend.

Die Ermittlung der Pfahllänge sowie des Bemessungsmomentes sollte aus Wirtschaftlichkeitsgründen in Anlehnung an das Verfahren nach VOGT (VOGT, N.: Vorschlag für die Bemessung der Gründung von Lärmschutzwänden, Geotechnik 11 (1988), Heft 4, S. 210-214) unter Berücksichtigung des aktuell gültigen Teilsicherheitskonzeptes vorgenommen werden.

Unabhängig von der Verwendung des Verfahrens nach VOGT können zur Berücksichtigung der horizontalen Bettung im Rahmen der Biegebemessung für die beteiligten Bodenschichten horizontale Bettungsmoduln k_s angesetzt werden, die nach der Formel $k_s = E_s/d$ ermittelt werden. Dabei ist E_s der Steifemodul aus Abschnitt 6 und d der Pfahlschaftdurchmesser. Der Anwendungsbereich dieser Gleichung ist nach DIN 1054, Abs. 7.7.3 A(3) durch eine rechnerische max. charakteristische Horizontalverschiebung von entweder 2 cm oder $0,03 d$ begrenzt, wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Ferner muss gemäß DIN 1054 vereinfacht nachgewiesen werden, dass:

- lokal die charakteristischen Normalspannungen $\sigma_{h,k}$ zwischen Pfahl und Boden die charakteristischen Erdwiderstandsspannungen $e_{ph,k}$, die für den ebenen Fall berechnet werden dürfen, nicht überschreiten und
- es ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert der seitlichen Bodenwiderstandskraft global, im Integral über die Höhe, nicht größer angesetzt worden ist, als es der Bemessungswert der räumlichen Erdwiderstandskraft für den entsprechenden Teil der Ein-bindetiefe bis zum Querkraftnullpunkt zulässt. Dabei ist für den Nachweis des Grenz-zustandes der Gebrauchstauglichkeit (SLS) zu zeigen, dass mit dem Integral der horizontalen Bettungsspannungen der Bemessungswert des Erdwiderstands nur bis max. zu 50 % genutzt wird.

Bei der Erdwiderstandsberechnung kann eine Ersatzbreite von $2,5 \cdot d$ angesetzt werden, um die Mitwirkung des Bodens seitlich und in seiner räumlichen Auswirkung vor dem Pfahl zu erfassen.

Die Werte für die charakteristischen Scherfestigkeiten zur Ermittlung des Erdwiderstandsbeiwertes K_{pgh} sind in Abschnitt 6 angegeben.

Im Hinblick auf die Bemessung von Rammrohrpfählen hinsichtlich ihrer vertikalen Tragfähigkeit empfehlen wir in Anlehnung an die EA Pfähle sowie unseren Erfahrungen unter vergleichbaren Randbedingungen die in Tabelle 1 genannten charakteristische Widerstands-Werte für den Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ und Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ anzusetzen.

		Auffüllungen/Auelehm	Kies
Bruchwert der Pfahlmantelreibung (charakteristisch)	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	15	50
Pfahlspitzendruck (charakteristisch)	$q_{b,k}$ [kN/m ²]	-	2.500

Tabelle 1: Widerstandswerte für die Bemessung von Rammrohrpfählen

Auf dem obersten Meter der Auffüllung darf kein Widerstand angesetzt werden. Des Weiteren darf im weichen Auelehm, der teils organogen ausgebildet ist, kein Widerstand berücksichtigt werden. Die anstehenden Böden sind generell als gut bis mittelschwer rammbar anzusehen.

Größere Steine und Blöcke sind nicht gänzlich auszuschließen und können bei Rammarbeiten Hindernisse darstellen.

7.2.4 Herstellen der Baugruben und Wasserhaltung

Die Baugruben zur Herstellung der Hochwasserschutzmaßnahmen binden unterschiedlich tief ins Gelände ein. Mindestens 1 m für Baugruben zur Herstellung von Stützwänden vom umliegenden Geländeniveau, zum Beispiel zwischen Station 0+660 und 0+710, Fließrichtung rechts, oder bis zu bis zu 3,5 m bei der Brücke Kronenareal oder der Schafmarktbrücke.

Die Klassifikation des Baugrunds sowie die Schadstoffe der zu lösenden Böden sind in den Abschnitten 6 und 5 genannt. Daneben werden Beton, Steine, Holz und Metall, etc. der bestehenden Ufersicherungen anfallen.

Die feinkörnigen Böden, wie Bachsedimente, Auffüllungen und Auelehm sind auf Grund ihrer bodenmechanischen Eigenschaften bedingt geeignet für den Wiedereinbau oder für den Einbau in anderen technischen Bauwerken.

Für eine Wiederverwendung des Auelehms, ausgeprägt plastische Tone (TA), für abdichten-de Zwecke verweisen wir auf unsere Empfehlungen und Hinweise in Abschnitt 7.2.7.

In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass die in Abschnitt 5 aufgeführte Schadstoffuntersuchung nur orientierenden Charakter hat. Der Aushub muss beziehungsweise sollte vor der Abfuhr abfalltechnisch untersucht werden.

Nichtbindige Böden, unbelastete Auffüllungen, Donaukiese und Krähenbachkiese sind für einen Wiedereinbau, zum Beispiel zur Arbeitsraumverfüllung, oder für den Einbau in anderen technischen Bauwerken geeignet. Daher empfehlen wir die nichtbindigen Böden und den Aulehm von den übrigen bindigen Böden jeweils separiert zwischenzulagern, so dass die geeigneten Böden später für erdbautechnische Zwecke wiederverwendet werden können.

Eine Erdmiete zur Zwischenlagerung ist so anzulegen, dass kein Niederschlagswasser eindringen kann. Die Oberfläche und die Böschung der Erdmieten sind dazu abzudecken oder glatt abzuwalzen. Abfließendes Wasser soll zu einer Vorflut geführt werden.

Die Gründungstiefe, der Grundwasserspiegel und die räumlichen Platzverhältnisse sind maßgebende Faktoren für das Herstellen der Baugruben.

Überwiegend wird, mit Ausnahme von Bauwerk-Nummer 87, sowie gegebenenfalls 207 und 208, ausreichend Platz zur Verfügung stehen, um freie Böschungen bis auf die Gründungssohle unterhalb des Bachbetts herzustellen. Weitere Ausnahme stellen die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im südlichen Abschnitt, siehe Abschnitt 7.2.1 dar. Ohne rechnerische Nachweise der Standsicherheit dürfen nach DIN 4124, Baugruben und Gräben, bei weichen bindigen Böden oder nichtbindigen Böden und einer Höhe bis 2,5 m Böschungen mit einer Neigung bis 45° hergestellt werden. Voraussetzung ist, dass vorhandene Leitungen oder bauliche Anlagen nicht gefährdet werden können und ein mindestens 1 m breiter Streifen neben der Böschungsschulter lastfrei bleibt. Tiefere Böschungen sollten auf 1:1,5 abgeflacht werden.

Für Winkelstützmauern oder dergleichen, deren Gründungssohle oberhalb des Bachbetts liegt und mit deren Baugrube nicht in die bestehende Uferböschung eingriffen wird, können bei geringen Baugrubentiefen, bis 1 m Tiefe und über dem Grundwasserspiegel, Böschungsneigungen senkrecht ausgebildet werden. Arbeiten in Abschnitten kleiner 10 m wird empfohlen. Ein Nachfall von Erdmaterial aus der Oberfläche der Böschung kann nicht ausgeschlossen werden, so dass Nacharbeiten berücksichtigt werden sollten.

Auf Baustein, Arbeitsverfahren C 469, Geböschte Baugruben und geböschte Gräben, der BG Bau, wird verwiesen.

Alternativ können, sollten ausgehend vom Gelände Gruben mit Tiefen größer 1 m hergestellt werden müssen, Grabenverbaugeräte aus dem Leitungstiefbau eingesetzt werden. Diese Alternative ist, sofern erforderlich, für das Bauwerk zwischen Station 0+660 und 0+710, Fließrichtung rechts, denkbar. Voraussetzung ist, dass horizontal zwischen Schulter der Uferböschung und dem Grabenverbaugerät mindestens 1 m Erdreich anstehen.

Dort, wo der Platz für freie Böschungen nicht zur Verfügung steht, unter anderem Bauwerk-Nummer 87, gegebenenfalls 207 und 208 und gegenüber Bauwerk-Nummer 59, wird, falls die alten Uferbefestigungen nicht erhalten bleiben können, ein Verbau erforderlich. Für den Verbau wird eine statische Berechnung erforderlich, die mit den Rechenwerten aus Tabelle 1, Abschnitt 6, und den in Anlagen 4 dargestellten Schichtenverlauf aufzustellen ist.

Als Varianten für einen statisch wirksamen Verbau in Verbindung mit einer Bauwasserhaltung

kommen in Betracht:

- ein eingespannter Verbau für Baugrubentiefen bis circa 2 m,
- bei darüberhinausgehenden Tiefen ein einfach rückverankerter Verbau oder
- eine Bodenvernagelung (Spritzbetonschale mit gebohrten und vermörtelten Bodennägeln, siehe Abschnitt 7.2.6).

Bei der Bodenvernagelung ist eine Mitnutzung der Nachbargrundstücke beziehungsweise der Straße unvermeidbar. Hier sollte rechtzeitig die Zustimmung der betroffenen Grundstückseigentümer eingeholt werden.

Beim Vergleich zwischen den Verbauvarianten ist zu beachten, dass erfahrungsgemäß eine vernagelte Spritzbetonschale beziehungsweise ein am Fuß eingespannter Verbau mit größeren Verformungen verbunden ist als ein Verbau mit vorgespannten Verpressankern.

Als Verbau für die geringen Aushubhöhen eignet sich hier insbesondere eine Spundwand, die bei den erreichbaren Einbringtiefen bis etwa 5 m mit Anbaugeräten an Baggern ein-gebracht werden können. Aufwändige Maßnahmen zur Baufeldvorbereitungen für das Herrichten von Arbeitsebenen können in diesem Fall entfallen.

Bei der Bemessung der Verbauwände sind die Vorgaben der EAU (Empfehlung des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik) und der EAB (Empfehlung des Arbeitsausschusses Baugruben der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik) zu beachten.

Im Einflussbereich von Bauwerken und setzungsempfindlichen Leitungen empfehlen wir, einen erhöhten aktiven Erddruck $E_h = 0,5 \cdot E_{ah} + 0,5 \cdot E_0$ anzusetzen. Gleichzeitig sollte eine Ausfachung mit Spritzbeton gewählt werden, da sie mit kleineren Verformungen als eine Holzausfachung wirksam wird.

Mit abnehmendem Einfluss der Baugrube auf Nachbargebäude (z. B. bei Abständen von mehr als der 2-fachen Baugrubentiefe) kann auch ein Erddruckansatz $E_h = 0,75 E_{ah} + 0,25 E_0$ gewählt werden.

Um den Aushub, insbesondere das Herstellen der bis unter die Gewässersohle reichenden

Ufersicherungen ordnungsgemäß ausführen zu können, betrifft insbesondere die Bauwerke 87, 207 und 208, wird eine Wasserhaltung erforderlich. Der planmäßigen Aushubsohle vorausseilend muss eine offene Wasserhaltung mit Gräben und Pumpensümpfen im Oberstrom ausreichen um die anfallende Wassermenge wieder im Unterstrom einleiten zu können. Die Gräben sollten in temporären Aushubsohlen jeweils möglichst tief vorab her-gestellt und zu Pumpensümpfen geführt werden.

Die anfallende Wassermenge ist neben der Wasserdurchlässigkeit des Baugrunds, siehe Tabelle 1 in Abschnitt 6, von der Größe des Bauabschnitts des jeweiligen Bauwerks und vom (Grund-)Wasserstand und Absenkziel abhängig. In Anbetracht schwankender Wasser-stände des Krähenbachs und der Donau ist zum heutigen Zeitpunkt die anfallende Wassermenge für die geplante Maßnahme nicht definierbar.

Mit E-Mail vom 11.01.21 haben wir von den Breinlinger Ingenieure Tiefbau GmbH, Herrn Mueller-Laux, Angaben zum Abfluss des Krähenbachs erhalten. Demnach muss mit einem mittleren Abfluss von $Q = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem Abfluss bei HQ 5 von $Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ gerechnet werden.

In Abstimmung mit dem Planer können wir im Rahmen der weiteren Bauplanung die anfallende Wassermenge für die Bauwasserhaltung getrennt für die Bauwerke angeben.

Für die Wasserhaltung wird ein wasserrechtliches Verfahren zur Erteilung einer Erlaubnis erforderlich. Für die Einleitung sind in der Regel Einleitergrenzwerte zu beachten. Da aus der offenen Wasserhaltung ein hoher Gehalt an absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffen resultieren kann, sollte ein Absetzbecken, gegebenenfalls mit Einschaltung eines Sandfilters, um die geforderten Einleitergrenzwerte einzuhalten.

7.2.5 Einfluss des Grundwassers und Hinterfüllung

In Abschnitt 5 sind die Grundwasserverhältnisse beschrieben. Das Grundwasser korrespondiert im südlichen Abschnitt mit dem Donauwasserspiegel und mit dem Krähenbach. Im nördlichen Abschnitt korrespondiert das Grundwasser mit dem Krähenbach. Das Grundwasser wird bei einem Hochwasser im Hinterland des Krähenbachs je nach Durchlässigkeit des Baugrunds verzögert ansteigen. Dabei wird der anstehende Auelehm dort, wo

er durchgehend und in ausreichender Mächtigkeit vorhanden ist, nach oben und hinten weitgehend abdichtend wirken. In stark durchlässigen Bereichen, wie zum Beispiel den kiesigen Auffüllungen, den Krähenbach- oder Donaukiesen, wird der Grundwasseranstieg mittelbar dem Hochwasserereignis folgen und bei dessen Rückgang dementsprechend dem Krähenbach wieder zufließen.

Um einen landseitigen Wasserdruck auf die Stützkonstruktionen auszuschließen und um zu verhindern, dass in Frostperioden aufgrund von Feuchtigkeitsansammlungen im Hinterfüllbereich Schäden an den Sicherungen entstehen, empfehlen wir Dränmaßnahmen vorzusehen. Hierzu ist für die Hinterfüllung gut durchlässiges Material, $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, zu verwenden. Andernfalls ist ein entsprechender landseitiger Wasserdruck zu berücksichtigen.

Durch landseitigen Anschluss von befestigten Oberflächen ist das Eindringen von Oberflächenwasser in den Hinterfüllbereich sichergestellt. Ansonsten empfehlen wir den obersten Meter des Hinterfüllbereichs auf durchlässiges Material zu verzichten und durch einen Lehmschlag und ein vom Bauwerk weg gerichtetes Gefälle abzudichten.

Mit geplanten Konstruktionen, zum Beispiel Bauwerke-Nummer 59 und 87, kann eine direkte Uferinfiltration weitestgehend ausgeschlossen werden. Bei Baugrunderkundung im Bereich von Bauwerk-Nummer 90, siehe Anlage 4.2, zeigte sich, dass bereits wenige Dezimeter über der Bachsohle und über den Donaukiesen Auelehm ansteht. Dieser Auelehm wirkt wie bereits oben beschrieben als natürliche Abdichtung.

In denjenigen Streckenabschnitten, Stationierung km 0+620 aufsteigend, siehe Anlage 4.4, wo nichtbindige Auffüllungen über und unter der Gewässersohle anstehen, und die geplante Bauwerksunterkante über der Gewässersohle liegt, können mineralische Dichtungsmaterialien zum Beispiel in Form von Lehmschläge erforderlich werden.

Zur Dimensionierung des Erddrucks verweisen wir auf Abschnitt 7.2.3 und 7.2.4. Ergänzend ist zu beachten, dass für eine leichte Verdichtung, mit Vibrationsplatte bis zu einem Betriebsgewicht von 250 kg, ein Verdichtungserddruck von $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen ist. Diese Erddruckordinate sollte gleichmäßig über die gesamte Bauwerkshöhe angesetzt werden.

7.2.6 Bodenvernagelung

Eine Bodenvernagelung, bestehend aus Spritzbetonschale mit gebohrten und vermörtelten Bodennägeln, ist grundsätzlich anwendbar.

Die Dimensionierung der Bodenvernagelung hinsichtlich Schalenstärke, Abstand und Länge der Nägel muss im Zuge einer statischen Berechnung vorgenommen werden. Standsicherheitsuntersuchungen zur Bestimmung der erforderlichen Nagellängen sollten mit ebenen Gleitfugen und gegebenenfalls zusammengesetzten Gleitkörpern durchgeführt werden. Im Hinblick auf Kostenschätzungen nennen wir nachfolgend erste Anhaltswerte für diese Größen: Es ist von einer Dicke der Spritzbetonschale von rund 20 cm und einem Rasterabstand der Nägel von etwa 1,5 m horizontal und vertikal auszugehen. Die Nagellängen werden voraussichtlich etwa 5 m betragen.

An dieser Stelle weisen wir darauf hin:

- dass bei den privaten Eigentümern eine Zustimmung für die Nägel auf dessen Grundstück einzuholen ist (zum Beispiel Bauwerk-Nummer 59 und 87) und
- dass bei der Planung die verlaufenden Medien, Kanäle und Frischwasserleitungen u.a., zu berücksichtigen sind.

Mittels Bodennägel können auch bestehende Stützwand, abhängig von deren Zustand und den planerischen Änderungen, gesichert und deren Standsicherheit erhöht werden.

In Anlehnung an die Zulassungen verschiedener Hersteller von Bodenvernagelungen sind für die als Schwergewichtsmauern wirkenden Erdkörper unter anderem folgende Nachweise zu führen:

- Gesamtstandsicherheit nach DIN EN 1997-1,
- Grundbruchsicherheit nach DIN EN 1997-1 und DIN 4017 und
- Gleitsicherheit nach DIN EN 1997-1.

Im Weiteren gelten die Vorschriften des zum Bodenvernagelungssystem gehörigen Zulassungsbescheids. Da das Bodenvernagelungssystem hier als dauerhafte Sicherung dient, bedarf es einer entsprechenden Zulassung.

Für die Dimensionierung der Nägel können nach unseren Erfahrungen in den anstehenden

Böden bei einer Nachverpressung charakteristische Verbundspannungen von:

- $\tau_{m,k} = 50 \text{ kN/m}^2$ in den Auffüllungen und Auelehm sowie,
- $\tau_{m,k} = 200 \text{ kN/m}^2$ in den Kiesen

angesetzt werden.

Dies entspricht bei einem Bohrdurchmesser von 100 mm einer charakteristischen Verbundkraft (Herauszieh Widerstand) von mindesten $R_k = 62 \text{ kN/m}$ in den Kiesen. Ohne Nachverpressung gilt nur die Hälfte der angegebenen Werte.

Das Erfordernis der Durchführung von Probelbelastungen und die Anzahl der erforderlichen Probenägel richten sich nach den in den allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen des verwendeten Nageltyps enthaltenen Forderungen. Üblicherweise sind an mindestens 3 % der Nägel beziehungsweise an drei Nägeln je Bodenart und Bauwerk Probelbelastungen durchzuführen. Die Prüflast P_p ist bei der Wahl des Stahlquerschnitts zu berücksichtigen.

Die Prüfnägel sind so vorzubereiten, dass sie am Nagelkopf auf einer Länge von $\geq 0,5 \text{ m}$ keine Verbindung zur Spritzbetonschale haben, um einen Kraftkurzschluss zwischen dem verpressten Nagel und der Spritzbetonschale sicher auszuschließen.

7.2.7 Herstellen von Dämmen

Für den Bau von Dämmen verweisen wir auf das Merkblatt DWA-M 507-1, Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, Stand Dezember 2011. Wesentliche Inhalte sind:

- Es ist zu beachten, dass Dämme keine völlig dichten Bauwerke sind, sondern je nach Situation und Bauweise landseitig mehr oder weniger Drainage- beziehungsweise Sickerwasser anfällt.
- Ein eventueller Dammbruch lässt sich auch durch die Wahl eines höheren Bemessungshochwassers oder einen größeren Freibord nicht vollständig ausschließen. Beide Maßnahmen können aber die Versagenswahrscheinlichkeit deutlich verringern.
- Ein Damm muss so ausgebildet werden, dass er für alle Belastungsfälle standsicher ist.
- Der Querschnitt eines homogenen beziehungsweise einfachen Damms besteht nur

aus dem Stützkörper, welcher die Dichtungsfunktion übernimmt und unmittelbar an den Untergrund grenzt.

- Für die Wahl der Böschungsneigung sind hauptsächlich Aspekte der Standsicherheit, der Unterhaltung und der Landschaftsgestaltung maßgebend. Eine Neigung von 1:3 für Wasser- und Landseite hat sich als geeignet erwiesen.
- Dichtungen in Dämmen vermindern Sickerwasseranfall an der Landseite und erhöhen damit die Standsicherheit. Das bestehende größte Dammbauwerk, Bauwerk-Nummer 94 wurde nicht erkundet. Eine Aussage zu einer gegebenenfalls bestehenden Dichtung die im Zuge der geplanten Maßnahme ausgebaut werden muss, kann nicht getroffen werden.
- Oberflächenabdichtungen auf der Wasserseite sind nachträglich möglich. Der Durchlässigkeitsbeiwert k_f des Dichtungsmaterials sollte mindestens zwei Zehnerpotenzen kleiner sein als der des Stützkörpermaterials.
- Der beste wirtschaftliche und natürliche Schutz für den Damm ist eine gut gepflegte, dauerhafte, geschlossene und dichte Grasnarbe auf den Böschungen.
- Gehölze auf den Böschungen beeinträchtigen die Unterhaltung, Überwachung, sowie die Standsicherheit.
- Der Damm muss gegenüber allen Einwirkungen standsicher sein, das heißt die Nachweise der Tragfähigkeit erfüllen. Für die erdstatischen Nachweise gilt DIN 4084 in Zusammenhang mit DIN EN 1997-1. Ein Nachweis der Tragfähigkeit kann als entbehrlich angesehen werden, wenn für einen gleichartigen Damm ein Nachweis bereits vorliegt sowie für Dämme, wenn Verhältnisse der geotechnischen Kategorie GK i vorliegen.
- Eine Übersicht über zu berücksichtigende Bemessungssituationen und Einwirkungen sind in Tabelle 4 des Regelwerks enthalten.
- Die Qualität des hergestellten Dammes zeichnet sich durch einen homogenen Einbau und eine gute, gleichmäßige Verdichtung aus.
- Der Einbau, die Verdichtung, die Boden- und Untergrundverbesserung sowie die Qualitätssicherung sind ausführlich in nachfolgenden Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen geregelt.
- Die Anforderungen an einen vollständig in Stand gesetzten oder ausgebauten Damm entsprechen denen eines nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik durchgeführten Neubaus.
- Maßnahmen zur Dammertüchtigung sind unter anderem Dammerhöhungen die zur

Folge haben, dass das Erdbauwerk höhere Lasten abtragen muss.

- Unter Beachtung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit kann eine Erhöhung ohne Verbreiterung oder mit Verbreiterung des Dammlagers erfolgen.
- Bei einer Dammerhöhung mit erdbautechnischen Maßnahmen muss der kraftschlüssige und dichte Anschluss an den bestehenden Erdkörper sichergestellt werden. Fugen in Querrichtung können bevorzugte Sickerwegigkeiten darstellen.
- Stützbauwerke am luftseitigen Fuß können angebracht werden, falls die Platzverhältnisse unzureichend sind und das Dammschüttmaterial oder die Konstruktion keine ausreichend steilen Böschungsneigungen zulassen.
- In Bereichen mit beengten Platzverhältnisse können auch Mauern oder Wände und mit Mauern kombinierte Bauwerke zur Dammerhöhung verwendet werden.

Die Erdarbeiten sind nach den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere der ZTV E-StB 17, in Verbindung mit den Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Erdarbeiten (Leistungsbereich 205) auszuführen. Auf einige Punkte möchten wir nachfolgend besonders hinweisen:

- Die Umweltverträglichkeit der für den Einbau vorgesehenen Stoffe ist im Rahmen einer Eignungsprüfung durch ein Zeugnis einer anerkannten Prüfstelle nachzuweisen.
- Die Arbeiten sind so auszuführen, dass witterungsempfindliche Böden nicht nachteilig durchfeuchten und aufgeweicht werden.
- Inhomogenitäten der Erdbaustoffe bei der Kornzusammensetzung sowie bei der Einbaudichte sind innerhalb eines Bauwerks auszuschließen.
- Der Damm ist je nach Höhe beiderseits mindestens 1 m über das Sollprofil hinaus zu schütten und auf der gesamten Breite zu verdichten.
- Anforderungen an den Verdichtungsgrad können Tabelle 4, Zeilen 1 und 3, der ZTV E-StB entnommen werden.
- Der Mindestumfang der Eigenüberwachungsprüfungen ist definiert mit einer Entnahme je Einbaulage bei Abständen ≤ 200 m oder einer Fläche von ≤ 2500 m².
- Im vorliegenden Fall, insbesondere wegen der geringen Größe der Erdbauwerke, empfehlen wir den Mindestumfang der Eigenüberwachungsprüfungen zu erhöhen. Wir empfehlen je Bauwerk und Einbaulage mindestens eine Verdichtungskontrolle.

Hinsichtlich der Materialwahl für Dämme empfehlen wir ergänzend zu Merkblatt DWA-M 507-1 die Materialanforderungen der Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken, Abschnitt 7, zu beachten.

Wie in Abschnitt 7.2.3 beschrieben, kann der Auelehm für abdichtende Zwecke wiederverwendet werden. Ausgeprägt plastische Tone (TA) lassen sich jedoch aufgrund ihrer starken Zähigkeit (Haft- und Klebefestigkeit) nur schwer bearbeiten und verdichten. Sie reagieren zwar weniger wasser- und erosionsempfindlich als leicht plastische Tone, dafür quellen sie bei Wasseraufnahme oder Entlastung auf, insbesondere, wenn stark quellfähige Tonminerale enthalten sind.

Bei Zwischenlagerung von ausgeprägt plastischen Tönen muss hauptsächlich ein Austrocknen verhindert werden, damit der Boden einbaufähig bleibt. Trocknen TA-Böden aus, werden diese hart und schwer bearbeitbar.

Ausgeprägt plastische Tone eignen sich nur dann, wenn der Einbau des Bodens im Bereich des optimalen Wassergehaltes, etwa in den Grenzen $+ 1 \%$ bis $- 2 \%$ erfolgt und nicht nachträglich aufweichen. Erfahrungswert für den Grenzwert des Einbauwassergehaltes w in Abhängigkeit vom Wassergehalt an der Ausrollgrenze w_p ist zum Beispiel $w = w_p \pm 2 \%$.

Diese Tone sind als Baustoff für Erdbauwerke in der Regel nur nach einer Baugrundverbesserung mit Bindemittel geeignet. Bei einer Baugrundverbesserung ist zu beachten, dass mindestens zwei Fräsdurchgänge erforderlich werden, gegebenenfalls mit Wasserzugabe. Fräsen ohne Bindemittel wird aufgrund der Verklebung von ausgeprägt plastischen Tönen nicht empfohlen.

Die Eignung und Einbaubedingungen des Aulehms sind gesondert zu untersuchen, siehe ZTV-E StB 17. Daher wird vor Einbau in Erdbauwerke mit Anforderungen eine Eignungsprüfung des Boden-Bindemittel-Gemisches empfohlen. Wir können diese Versuche für Sie durchführen.

7.2.8 Kolkenschutz

Für Gewässer dieser Größe und Bedeutung sind uns keine auf diese abgestimmten Regelwerke oder Merkblätter bekannt. Nachfolgenden Empfehlungen und Hinweise sind Inhalte des BAW Merkblattes für die Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstraßen (MAK), Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU), Merkblatt DWA-M 529 Auskolkungen an pfahlartigen Bauwerksgründungen, sowie eigene Erfahrungen mit Kolkenschutz.

Als Auskolkung wird eine lokale Erosion bezeichnet, die vornehmlich im Bereich eines Strömungshindernisses, zum Beispiel enge Durchflussöffnungen, in beweglichen Sedimentsohlen auftreten kann.

Als Maßnahmen zur Abwendung von Gefährdungen des Krähenbachs infolge Kolkbildungen kommen in Frage:

- Kolkzuschlag an den Bauwerken oder
- Abdecken der Sohle mit Steinschüttung in loser oder vergossener Form.

Beim Kolkenschutz an den Bauwerken wird auf das Einbringen einer Schutzschicht verzichtet und der sich ausbildende Kolk in Kauf genommen. Unter Berücksichtigung der Kolkentiefe wird zur Sicherheit der Bauwerke die rechnerische Gründungssohle entweder tiefer als statisch erforderlich gelegt oder diese liegt bereits deutlich unter der Gewässersohle beziehungsweise der Kolkentiefe.

Für das Abdecken der Sohle mit Steinschüttung kann der erforderliche Korndurchmesser dieser Steinschüttung zum Beispiel in Anlehnung an das sogenannte HJULSTRÖM-Diagramm über die Formel $d = 40 \cdot V_w^2 / (0,9 - \tan \beta)$ erfolgen, wobei d [mm] der erforderliche Korndurchmesser, V_w [m/s] die lokale Fließgeschwindigkeit und β der Böschungswinkel der Gewässersohle sind.

7.2.9 Verkehrsflächen

Der Aufbau von Verkehrsflächen orientiert sich an den "Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen", Ausgabe 2012 (RStO 12). Kriterien sind dabei:

- die Nutzungsart,
- die Verkehrsbeanspruchung,
- die Frostsicherheit und
- der erreichbare Verformungsmodul E_{v2} auf dem Untergrund.

Für die möglichen Belastungsklassen B_k der die Maßnahme angrenzenden Verkehrsflächen, Tabelle 2 der RStO 12, zum Beispiel: Wohnweg, Wohnstraße, dörfliche Hauptstraße oder örtliche Geschäftsstraße, machen wir keine Angaben.

Da Möhringen nach den RStO 12 in Frosteinwirkungszone II liegt, sollte nach den Tabellen 6 und 7 der RStO 12 eine Minstdicke des frostsicheren Oberbaus von mindestens 60 cm für Belastungsklasse $B_{k0,3}$ und 70 cm für die Belastungsklassen $B_{k1,0}$ bis $B_{k3,2}$ beachtet werden.

Für die Anwendung der Tafeln 1 bis 4 der RStO 12 und den darin ausgewiesenen Schichtdicken wird auf dem Erdplanum, siehe Abschnitt 7.2.7, wird ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ vorausgesetzt.

Diesen Wert empfehlen wir nicht als gegeben voranzusetzen. Erfahrungsgemäß ist mit Werten von $20 \text{ MN/m}^2 \leq E_{v2} \leq 30 \text{ MN/m}^2$ auf den Auffüllungen zu rechnen. Steht auf planmäßigem Erdplanum Auelehm an, muss mit kleineren Werten gerechnet werden. Zum Erreichen oben genannter Anforderung wird eine Verstärkung der Tragschicht über das nach RStO 12 geforderte Mindestmaß erforderlich.

Um zum Beispiel die Anforderung $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ zu erfüllen, sind je nach verwendetem Material und Tragfähigkeit des Untergrunds etwa die in Tabelle 2 aufgeführten Dicken der Frostschutz- und Tragschicht erforderlich.

Verformungsmodul des Untergrunds/ Planums E_{v2} [MN/m ²]	Dicke der Frostschutz- und Tragschicht	
	aus Kiessand ¹⁾	aus Brechkorngemischen ²⁾
	d [cm]	d [cm]
< 15	– ³⁾	– ³⁾
20	60	50
30	45	40
45	35	30

1) überwiegend ungebrochenes Material

2) überwiegend gebrochenes Material

3) Ertüchtigung des Planums durch 30 cm Grobschotter. Auf OK Grobschotter darf eine Tragfähigkeit von $E_{v2} = 30$ MN/m² angenommen werden.

Tabelle 2: Dicke der Frostschutz- und Tragschicht unter befestigten Flächen für $E_{v2} \geq 120$ MN/m²

7.3 Bautechnische Folgerungen nach Bauwerke im Detail

Einzelne Bauwerke erfordern vertiefte Empfehlungen und Hinweise.

7.3.1 Bauwerk 59, Schwergewichtsmauer

In der Besprechung am 29.11.21 bei der Breinlinger Ingenieure Hochbau GmbH, mit Herren Schöndienst, Mueller-Laux und Ströhle, wurde eine Sicherung der bestehenden Mauer mit Bodenvernagelung und Spritzbetonschale diskutiert. Diesbezüglich weisen wir darauf hin, dass hinsichtlich des Platzbedarfs für die Ausführung und unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen folgendes zu beachten ist:

- In der Regel wird eine Bodenvernagelung von unten ausgeführt. Alternativ ist dies von oben mit einer Anbaulafette an einen Bagger möglich. Das Bohren und Spritzen kann alternativ von oben beziehungsweise über Kopf erfolgen. Die Bohrlafette muss hierfür in alle Himmelsrichtungen schwenkbar sein.
- Ein besonderes Augenmerk ist auf die Nähe des Wohnhauses zum geplanten Bauwerk zu legen.

Ein Baukran westlich von Bauwerk 59, zum Beispiel auf Flurstück 272/2 kann gegebenenfalls die Arbeiten während der Ausführung erleichtern.

Wie in Abschnitt 7.1.6 beschrieben, wird eine Verlegung der westseitigen Ufersicherung nach hinten zur Aufrechterhaltung des Abflussquerschnitts durch die geplanten Arbeiten am Bauwerk 59 erforderlich. Anstelle die bestehende Stützmauer durch eine Bodenvernagelung mit Spritzbetonschale zu sichern, empfehlen wir die räumlichen und hydraulischen Randbedingungen zu prüfen, die sich aus einer neuen Schwergewichtsmauer mit höherem Freibord ohne Rückverankerung oder Vernagelung vor der bestehenden Mauer ergeben.

Wie bereits in Abschnitt 7.2.1 beschrieben, wird ein Arbeiten im und unterhalb des Grundwasserspiegels im südlichen Abschnitt nicht empfohlen. Das Bauwerk-Nummer 59 sowie das gegenüberliegende Bauwerk liegt innerhalb dieses Abschnitts. Aus diesem Grund empfehlen wir beide Schwergewichtsmauern auf den in Abschnitt 7.2.3 beschriebenen Pfählen zu gründen. Der Pfahlkopfbalken verbindet die Pfähle und kann gleichzeitig als Kolkschutz der Schwergewichtsmauer dienen.

In welcher Größe Einwirkungen aus dem Gebäude auf die bestehende Stützmauer, Bauwerk-Nummer 59, abgetragen werden, können wir nicht beurteilen. Wir empfehlen dies zu prüfen und gegebenenfalls die bestehende Stützmauer zu ertüchtigen und die Einwirkungen durch eine gezielte Anordnung der Pfähle über die Tiefe abzutragen.

7.3.2 Bauwerke-Nummer 205, 206 und zwischen Station 0+660 und 0+710

Für diese Bauwerke sind konventionelle Winkelstützmauern geplant. Deren Vorteile bei der Planung und Ausführung in räumlich uneingeschränkten Verhältnisse sind bekannt. Im vorliegenden Fall liegen jedoch teilweise beengte Platzverhältnisse vor, die insbesondere das Herstellen der Baugruben erschweren.

Die in diesem Abschnitt aufgeführten Bauwerke liegen im nördlichen Abschnitt und somit, entsprechend den in Abschnitt 7.2.1 aufgeführten Randbedingungen, im bautechnisch einfacheren Bereich. Jedoch können die in Abschnitt 7.2.3. beschriebenen Empfehlungen und Hinweise zur Tiefgründung auf Pfählen auch hier von Vorteil sein.

8. Baugrundüberprüfung und weiteres Vorgehen

Die Empfehlungen basieren auf den Ergebnissen punktueller Erkundungen. Abweichungen von den beschriebenen Untergrundverhältnissen sind daher möglich. Zur Planung einzelner Bauwerke kann eine genauere Prüfung der Tragfähigkeit bzw. Gründungstiefe anhand von schweren Rammsondierungen sinnvoll sein.

Die Angaben in Abschnitt 7 beruhen außer dem Baugrundmodell auch auf den uns vorliegenden Bauwerksunterlagen. Planerische oder konstruktive Änderungen gegenüber den in Abschnitt 2 und 7.1 beschriebenen Abmessungen und Einflüssen, die auf das Gründungskonzept Einfluss haben könnten, sind uns daher mitzuteilen.

Sollten bei der Bauausführung nennenswerte Unterschiede zu dem beschriebenen Untergrundaufbau auftreten, bitten wir, uns dies mitzuteilen, damit das weitere Vorgehen festgelegt werden kann.

Im Rahmen der weiteren Bauplanung und Bauausführung werden weitere Arbeiten erforderlich, bei denen wir fachlich beraten und kontrollierend tätig werden können:

- Entwurf, Planung und erdstatische Berechnung von Gründungsmaßnahmen, Stützbauwerken und Baugrubenverbau,
- Bauüberwachung, Fachbauleitung, fachliche Bauberatung,
- Abnahme der Baugrubensohle,
- Ankerprüfungen und
- Kontrollprüfungen für Erdarbeiten.

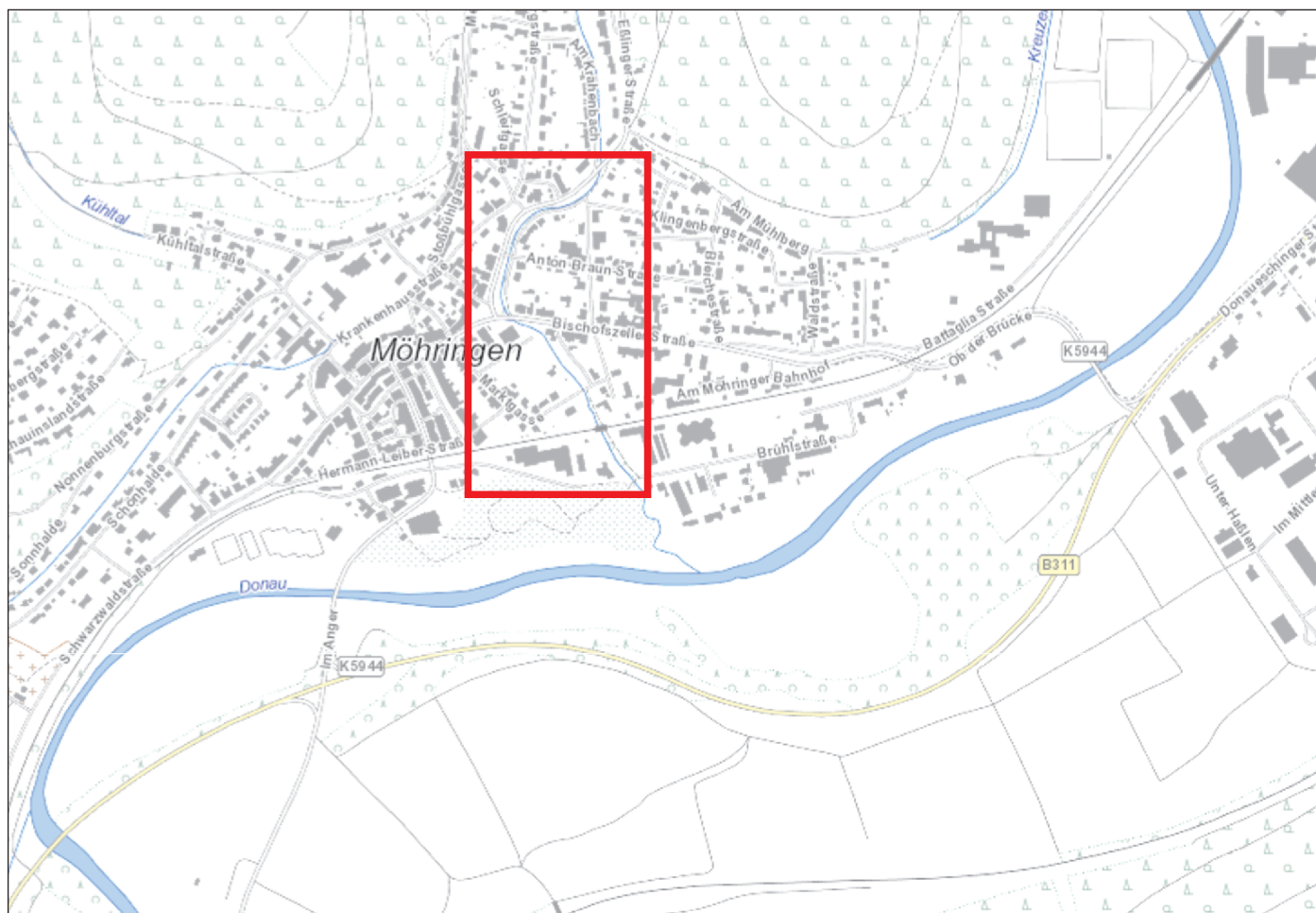
Bei Bedarf bitten wir um frühzeitige Benachrichtigung.



Dr. Björn Bahrig



Smoltczyk & Partner

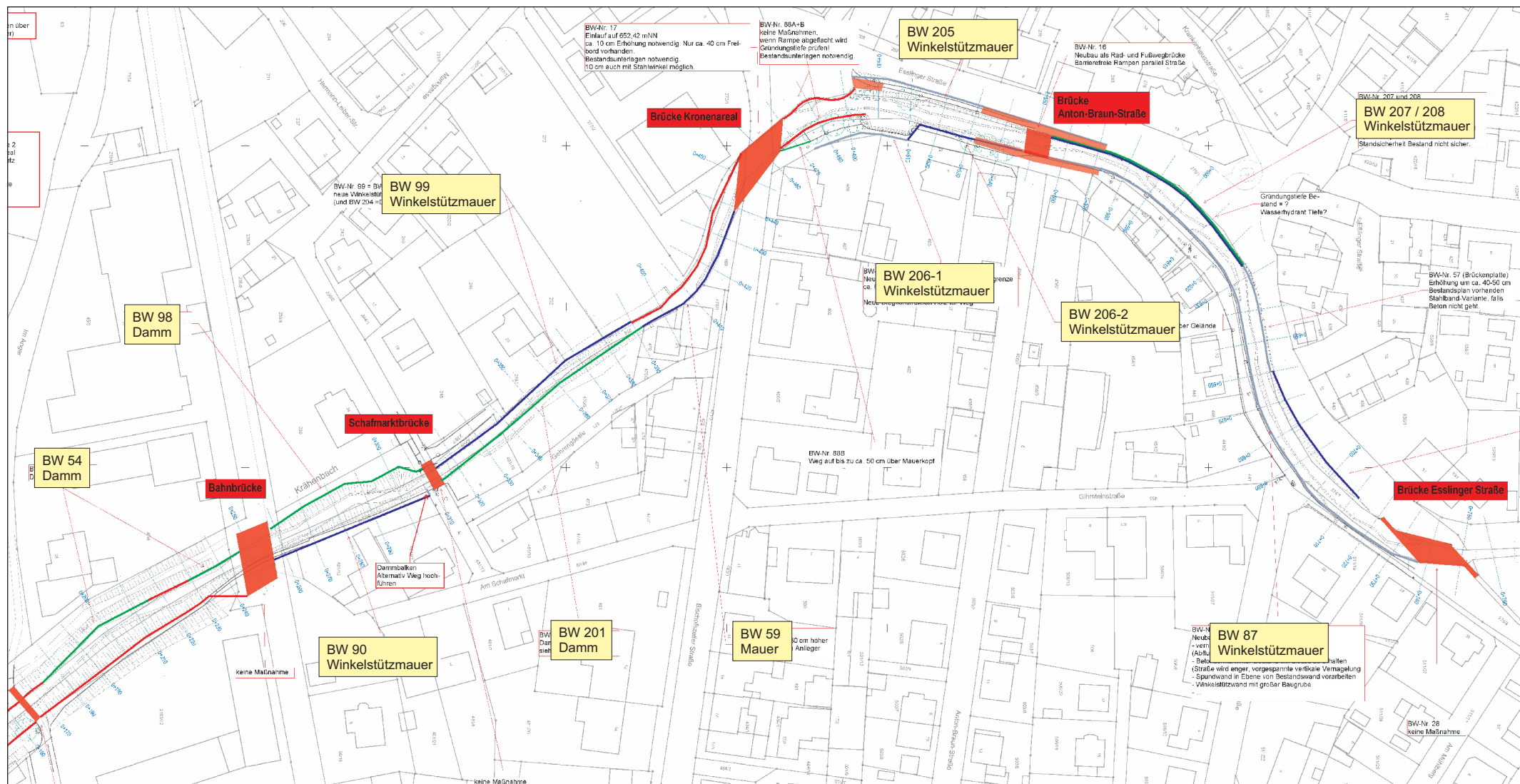


2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Übersichtskarte mit Lage des Untersuchungsgebietes (Quelle: LUBW, LGL)

Maßstab 1 : 10.000

Anlage 1.1

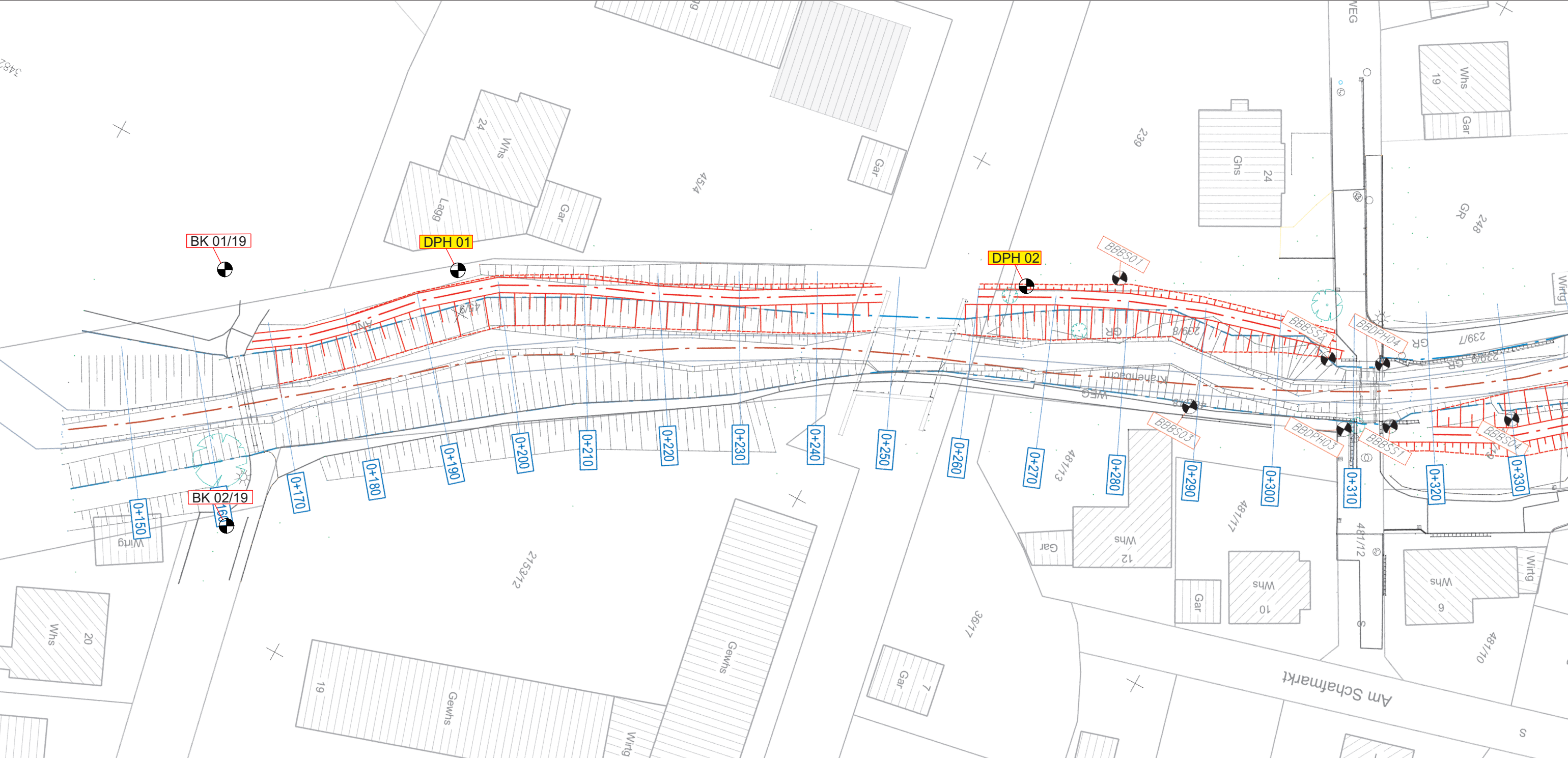


2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

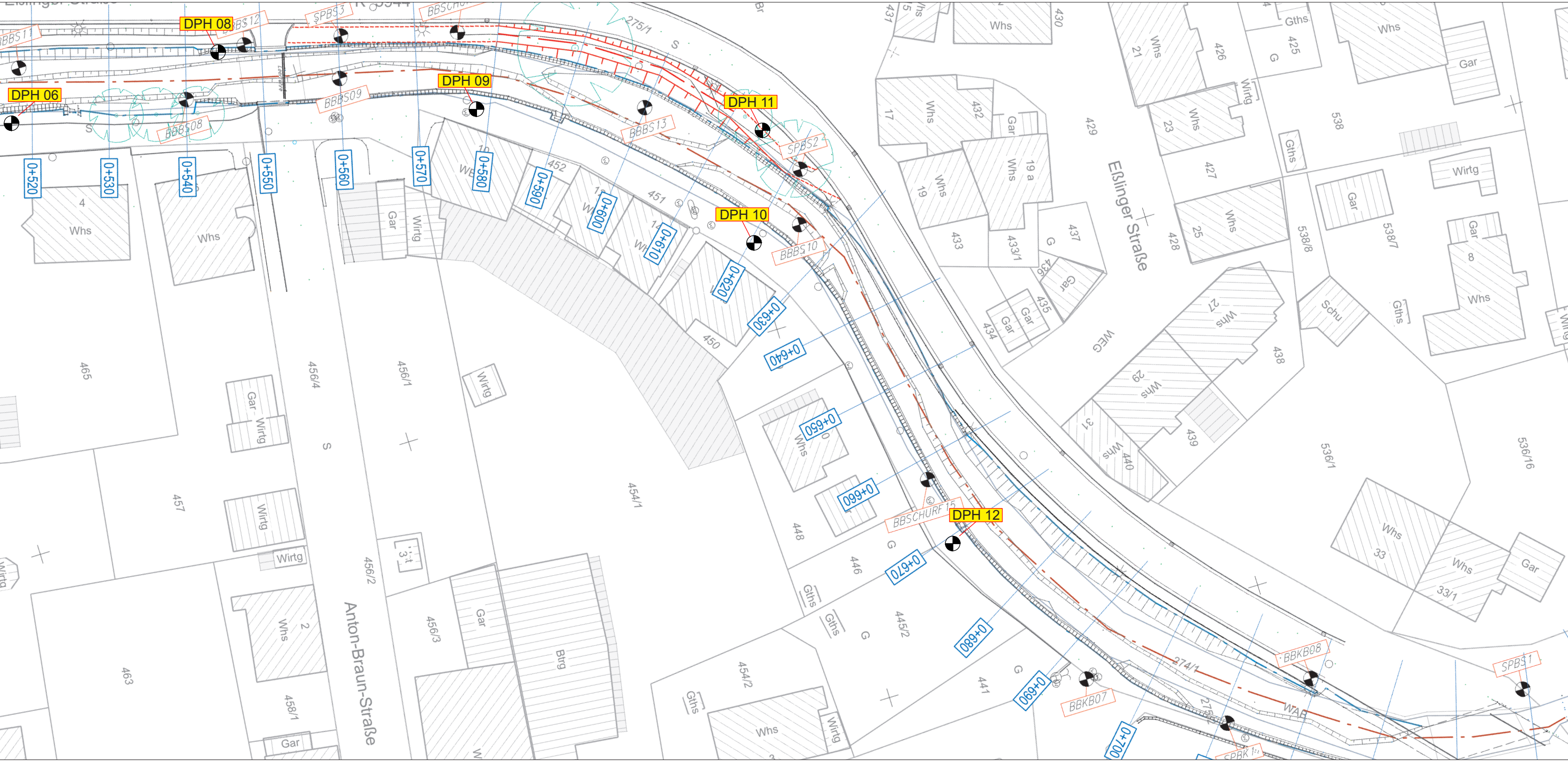
Übersichtsplan der Hochwasserschutzmaßnahmen mit neuen Bauwerken
(Plangrundlage IB Breinlinger)

Maßstab ca. 1 : 1700

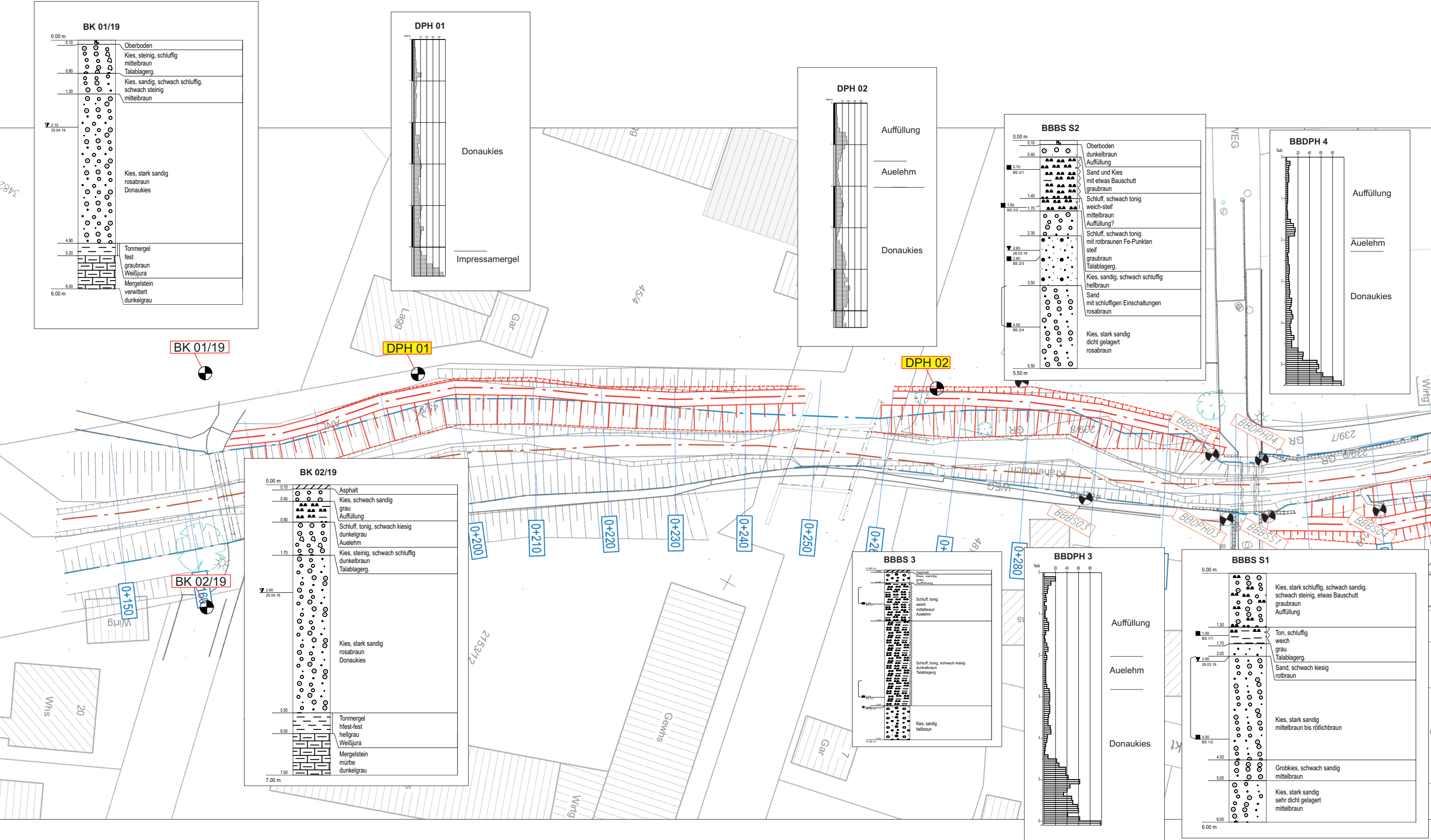
Anlage 1.2

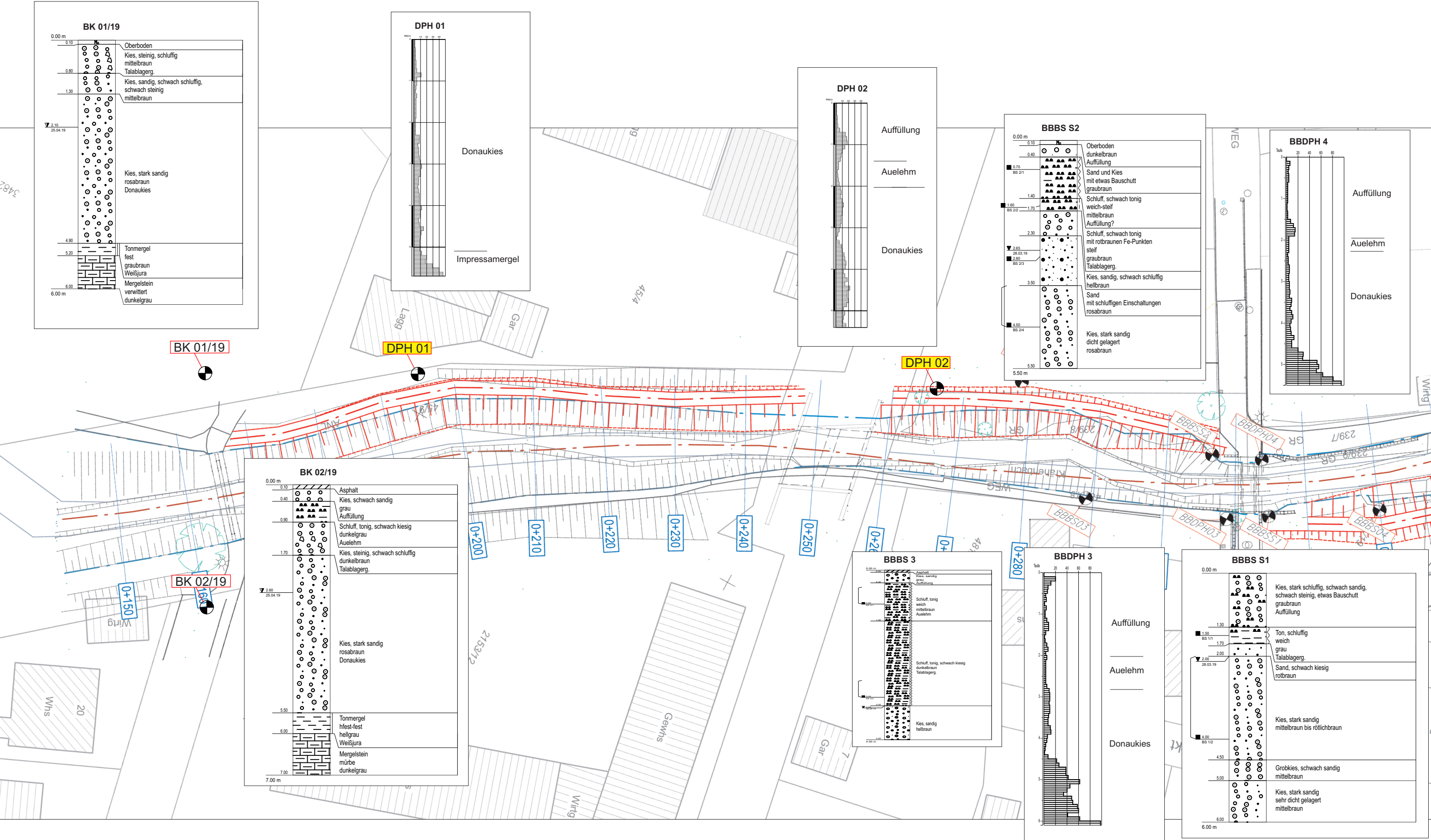


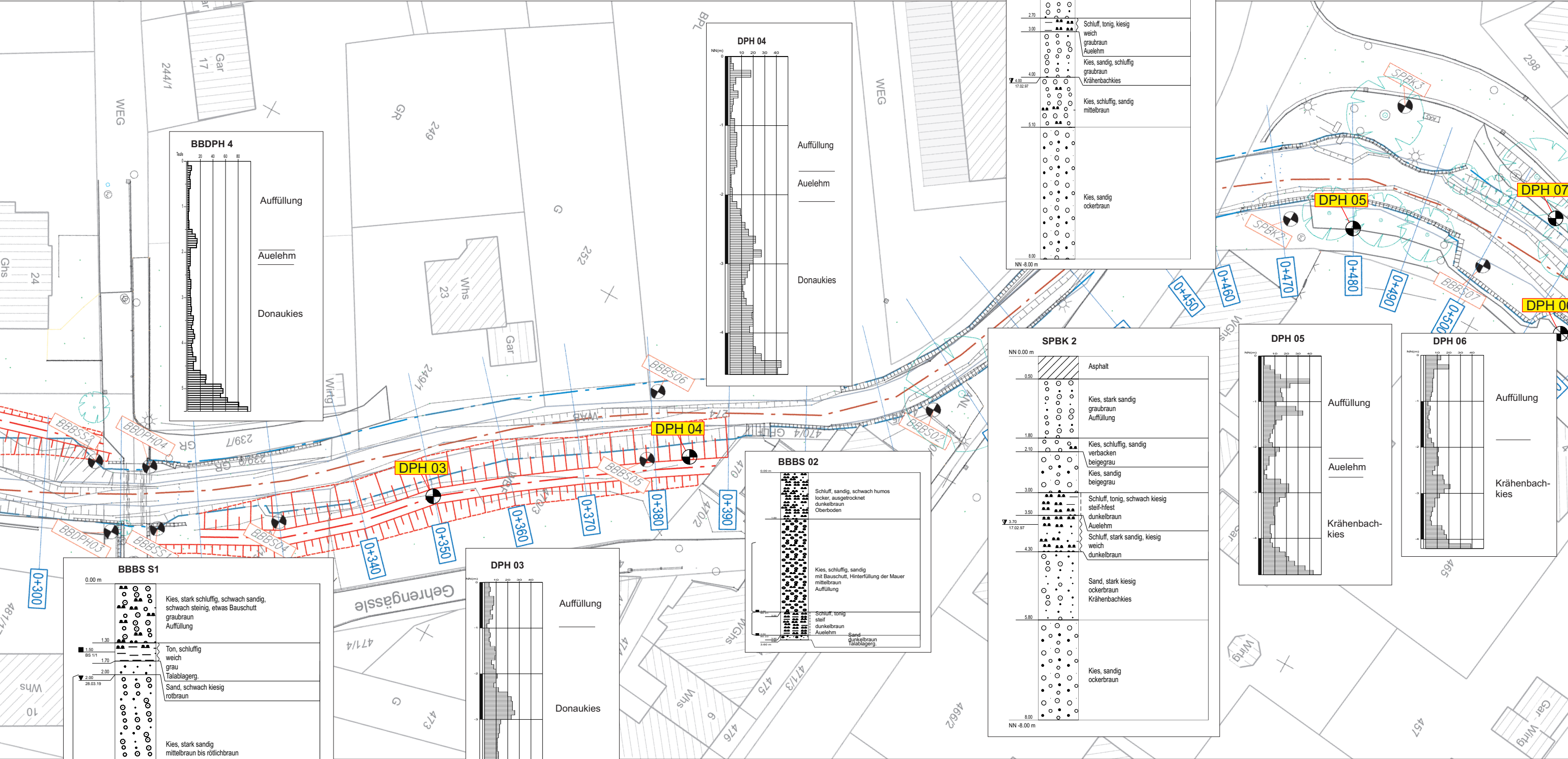
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II	
Lageplan mit früheren Erkundungspunkten und Lage der DPH 2021	
Maßstab 1 : 500	Anlage 2.1



2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II	
Lageplan mit früheren Erkundungspunkten und Lage der DPH 2021	
Maßstab 1 : 500	Anlage 2.3





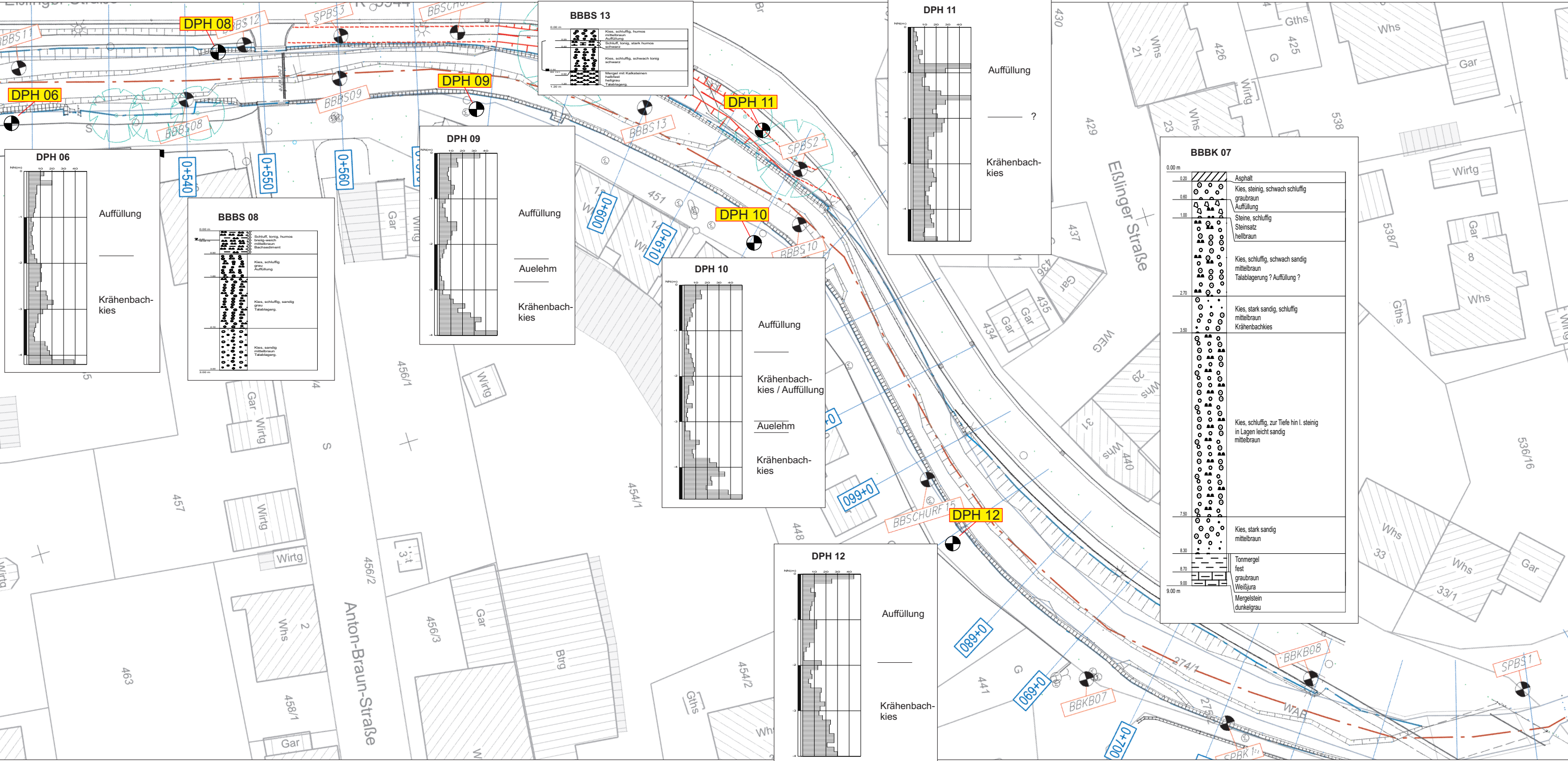


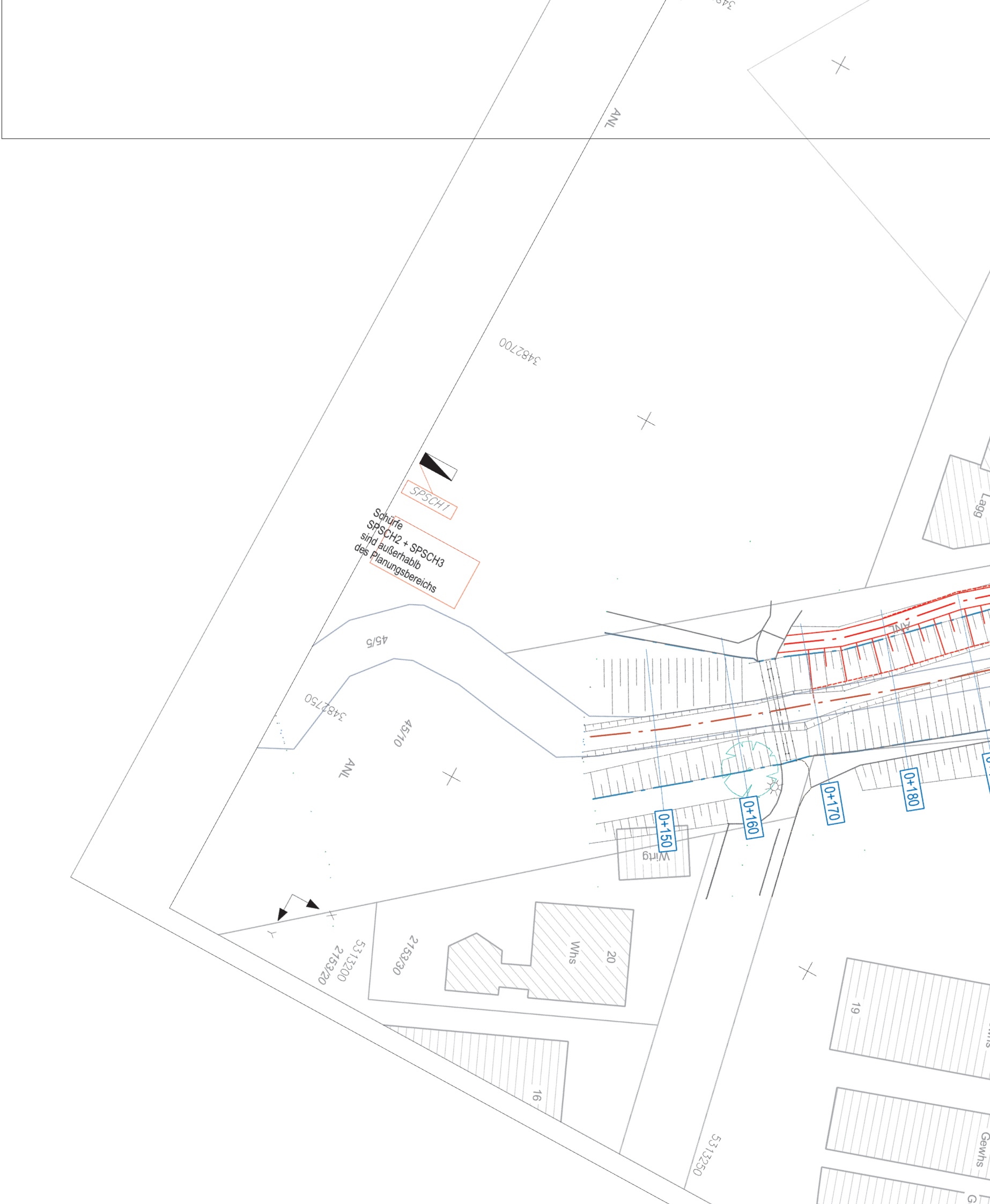
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

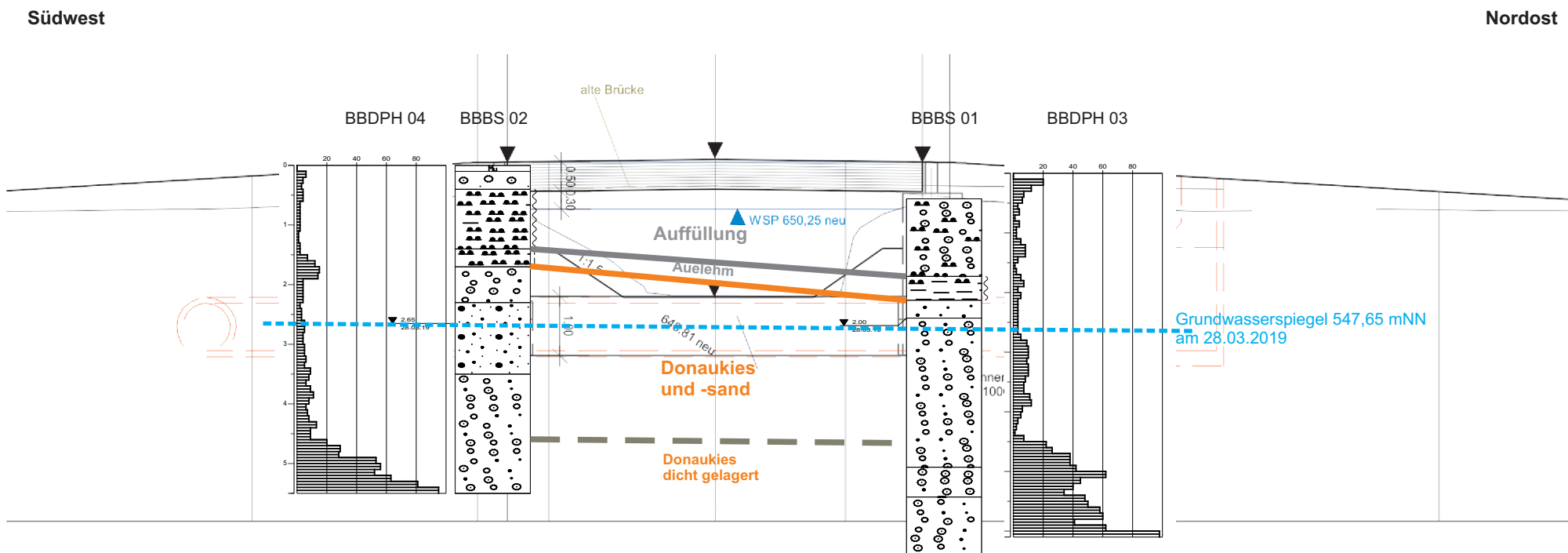
Lageplan mit charakteristischen Bohr- und Rammprofilen

Maßstab 1 : 500 / 1 : 85

Anlage 3.2





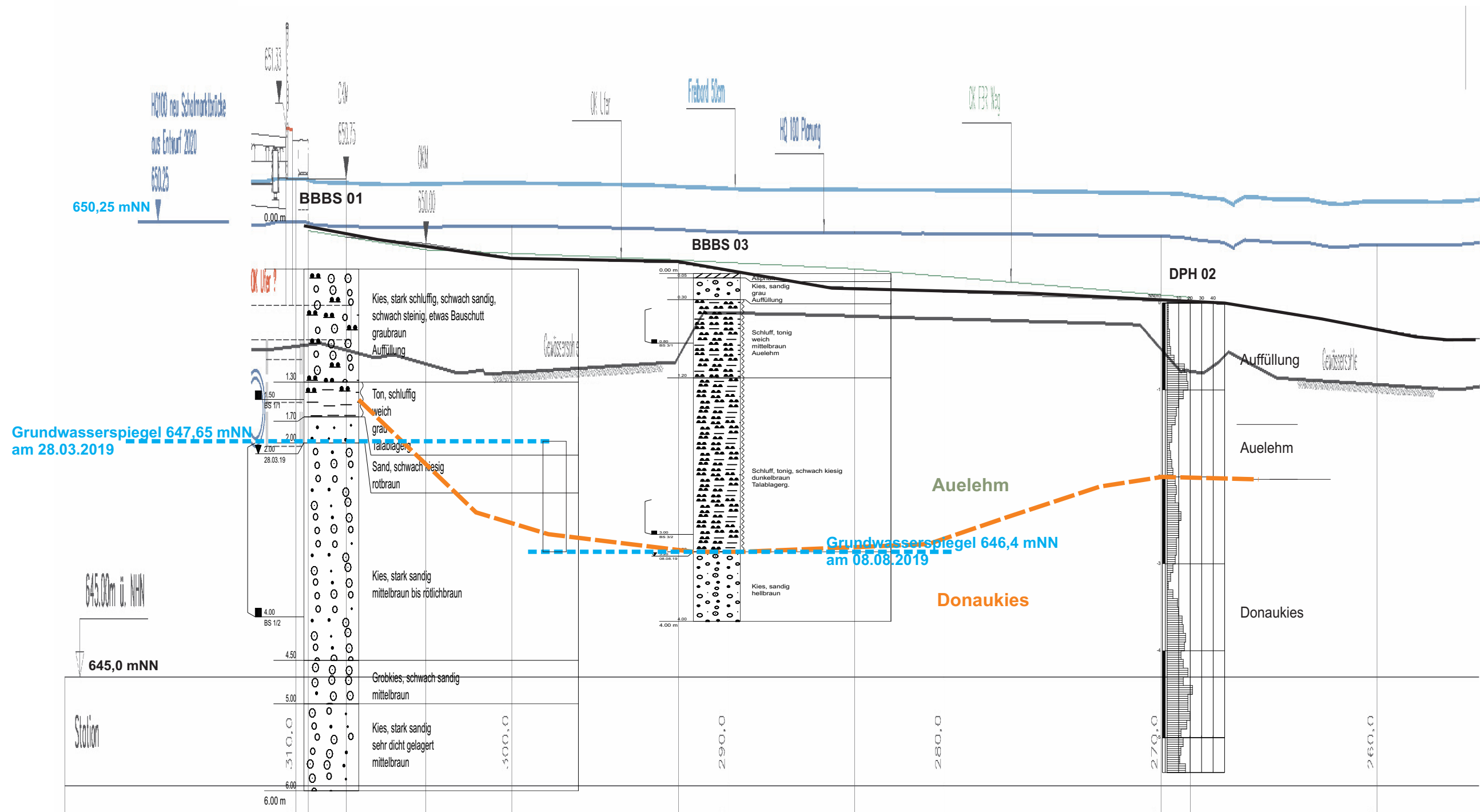


2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

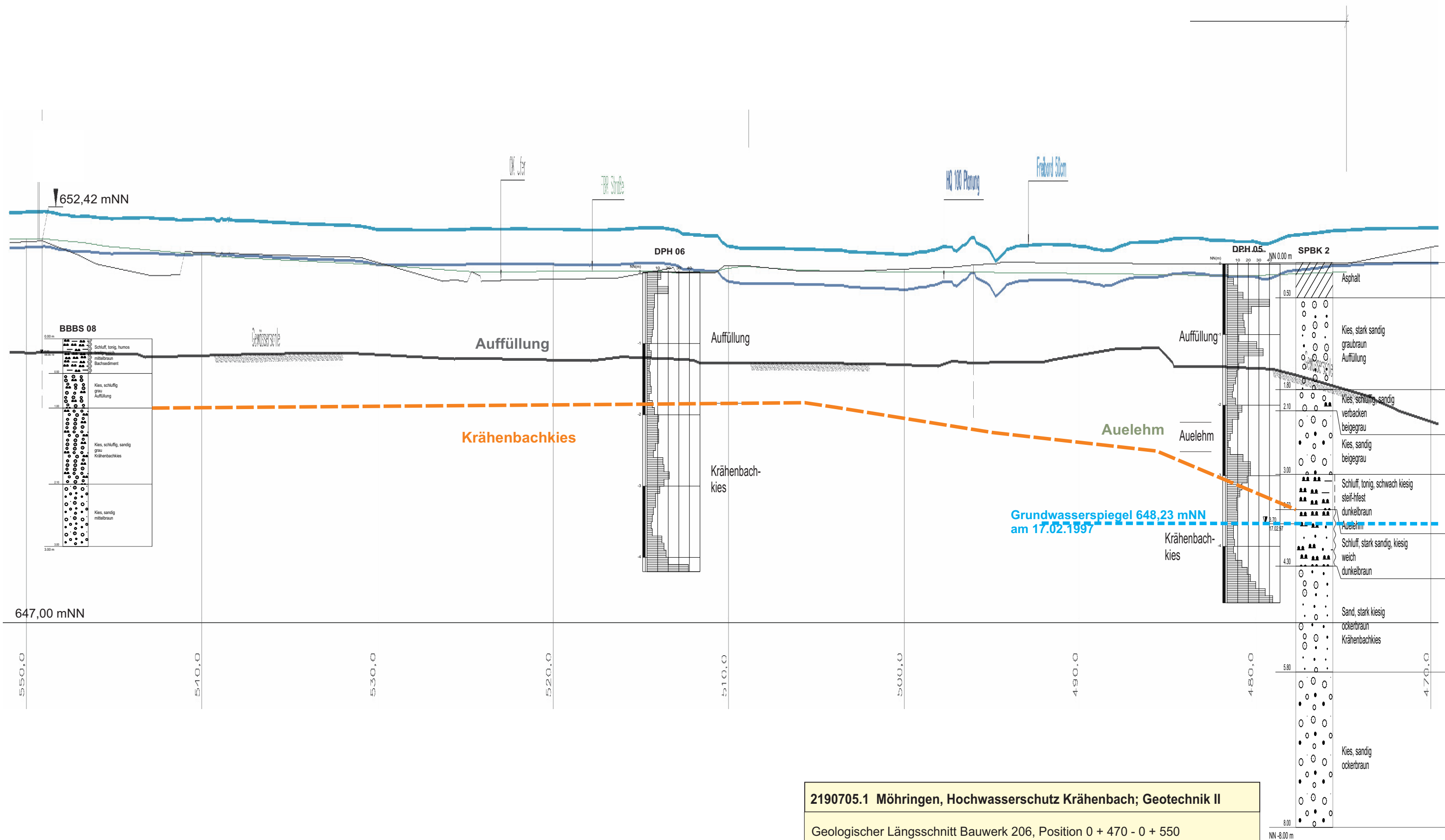
Geologischer Schnitt entlang der Schafmarktbrücke, Position 0 + 310

Maßstab 1 : 100

Anlage 4.1



2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II	
Geologischer Längsschnitt Bauwerk 90, Position 0 + 260 - 0 + 310	
Maßstab 1 : 200 / 1 : 50	Anlage 4.2

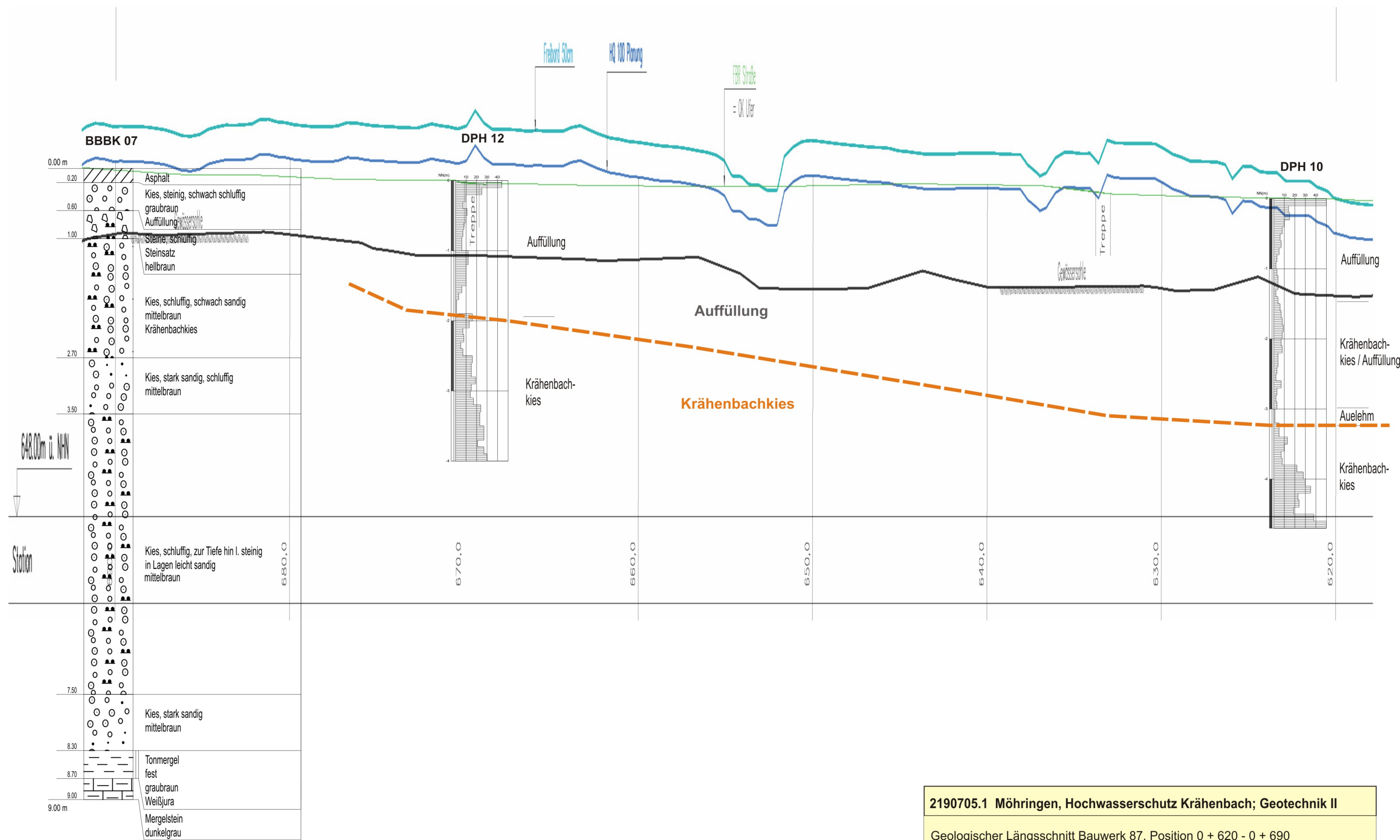


2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologischer Längsschnitt Bauwerk 206, Position 0 + 470 - 0 + 550

Maßstab 1 : 200 / 1 : 50

Anlage 4.3



2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

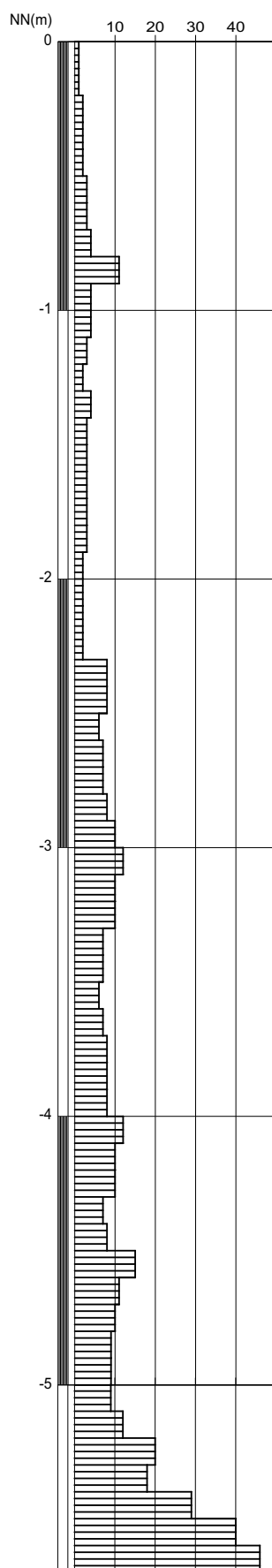
Geologischer Längsschnitt Bauwerk 87, Position 0 + 620 - 0 + 690

Maßstab 1 : 200 / 1 : 50

Anlage 4.4

Anhang 1 :

Rammprofile 2021



DPH 01

Donaukies

Impressamergel

Sondierung Schlz./10cm

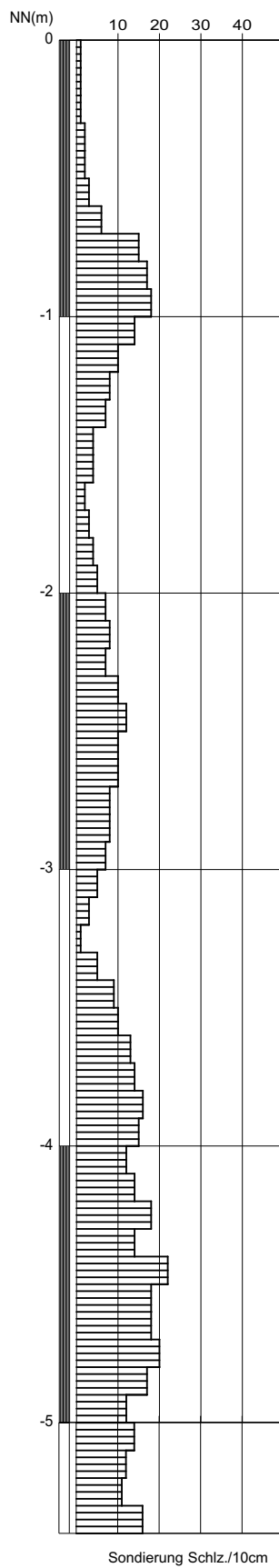
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 1

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 02



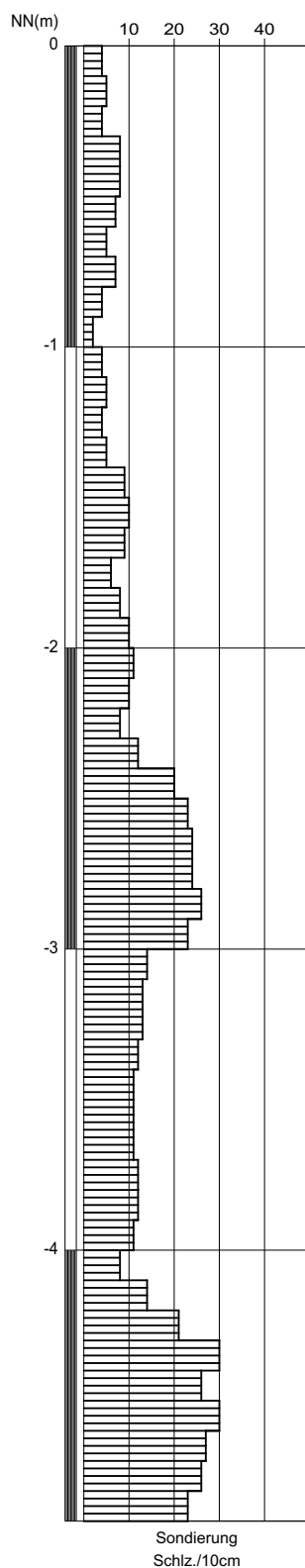
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 2

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 03



Donaukies

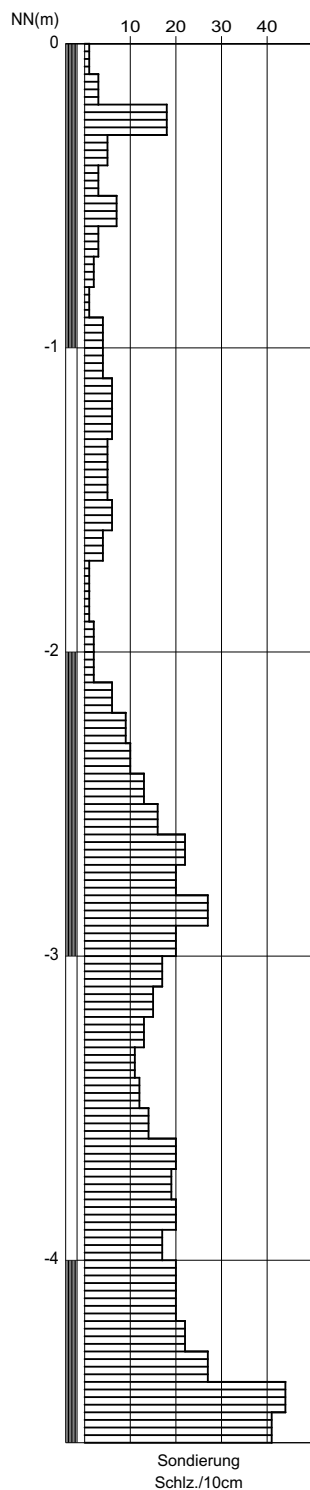
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 3

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 04



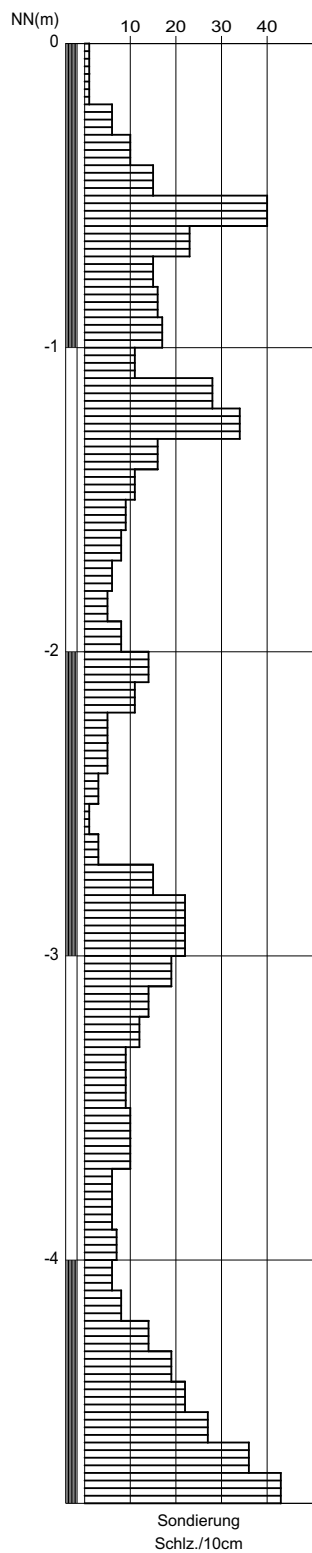
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 4

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 05



Auffüllung

Auelehm

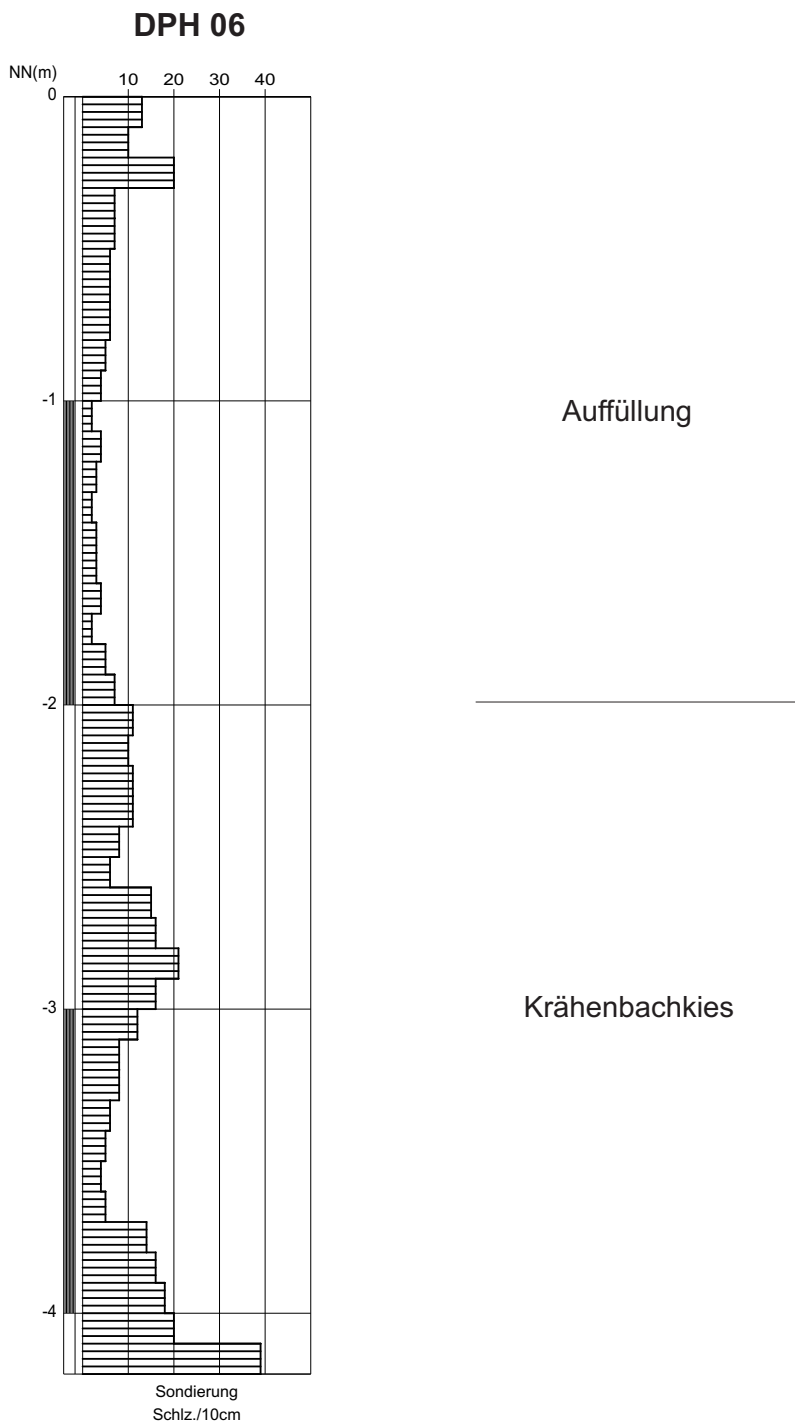
Krähenbachkies

2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 5

Maßstab 1 : 25

Anhang



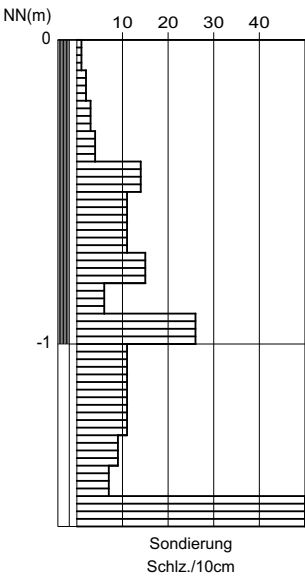
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 6

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 07

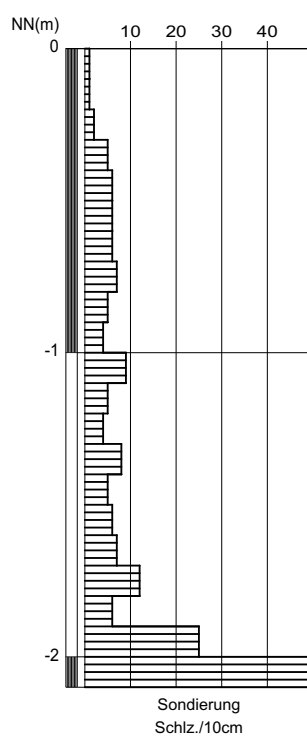


Auffüllung

Bohrhindernis

2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II	
Geologisches Profil von DPH 7	
Maßstab 1 : 25	Anhang

DPH 08



Auffüllung

Bohrhindernis

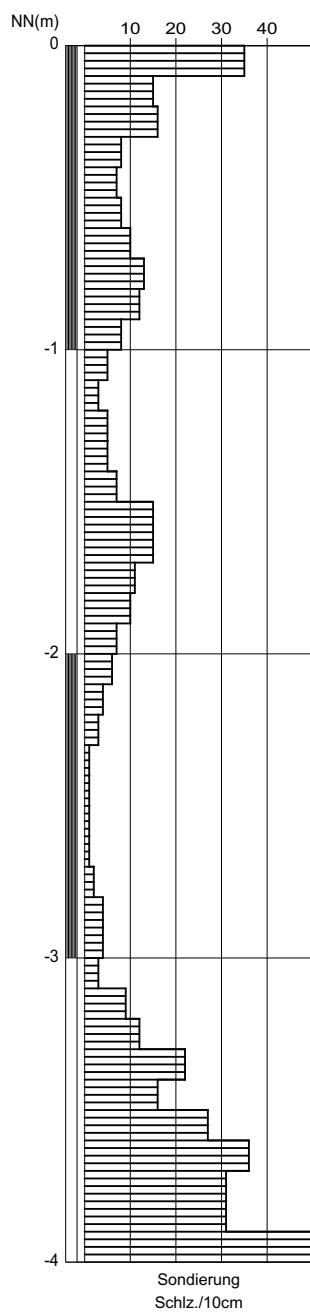
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 8

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 09



Auffüllung

Auelehm

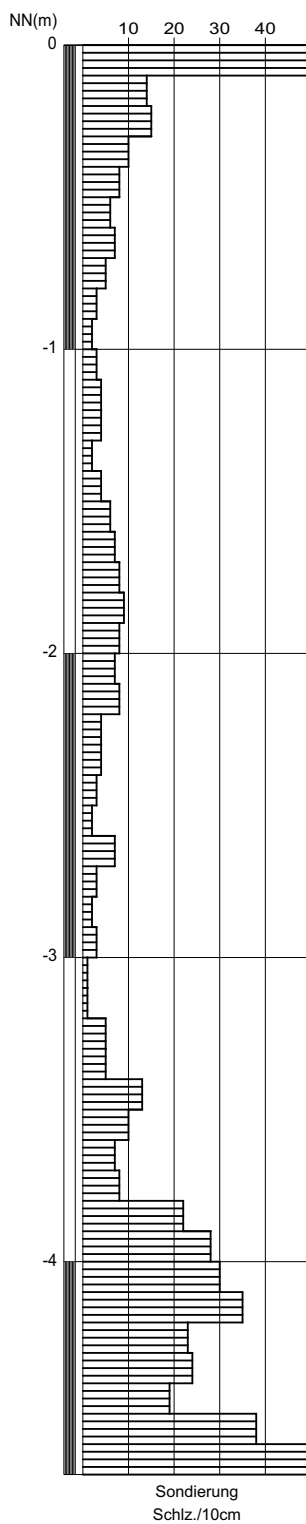
Krähenbachkies

2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 9

Maßstab 1 : 25

DPH 10



Auffüllung

Krähenbachkies ?

Auelehm

Krähenbachkies

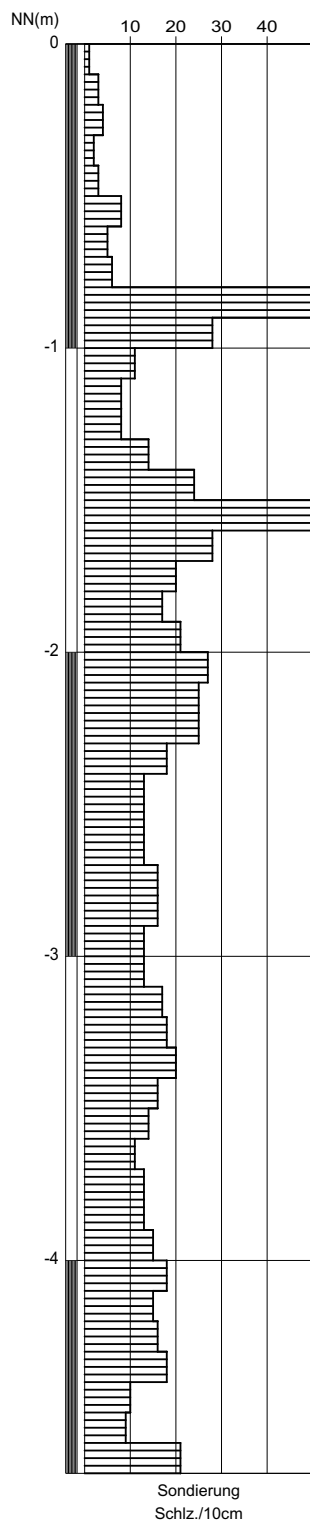
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 10

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 11



Auffüllung ?

Krähenbachkies

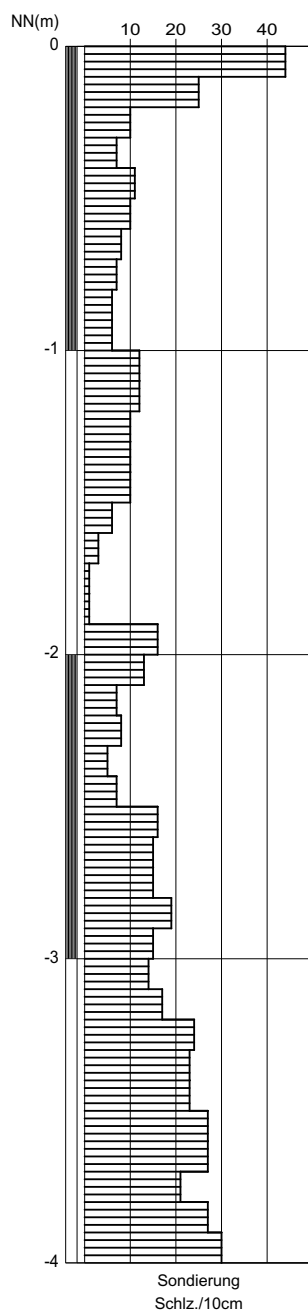
2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 11

Maßstab 1 : 25

Anhang

DPH 12



Auffüllung

Krähenbachkies

2190705.1 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geotechnik II

Geologisches Profil von DPH 12

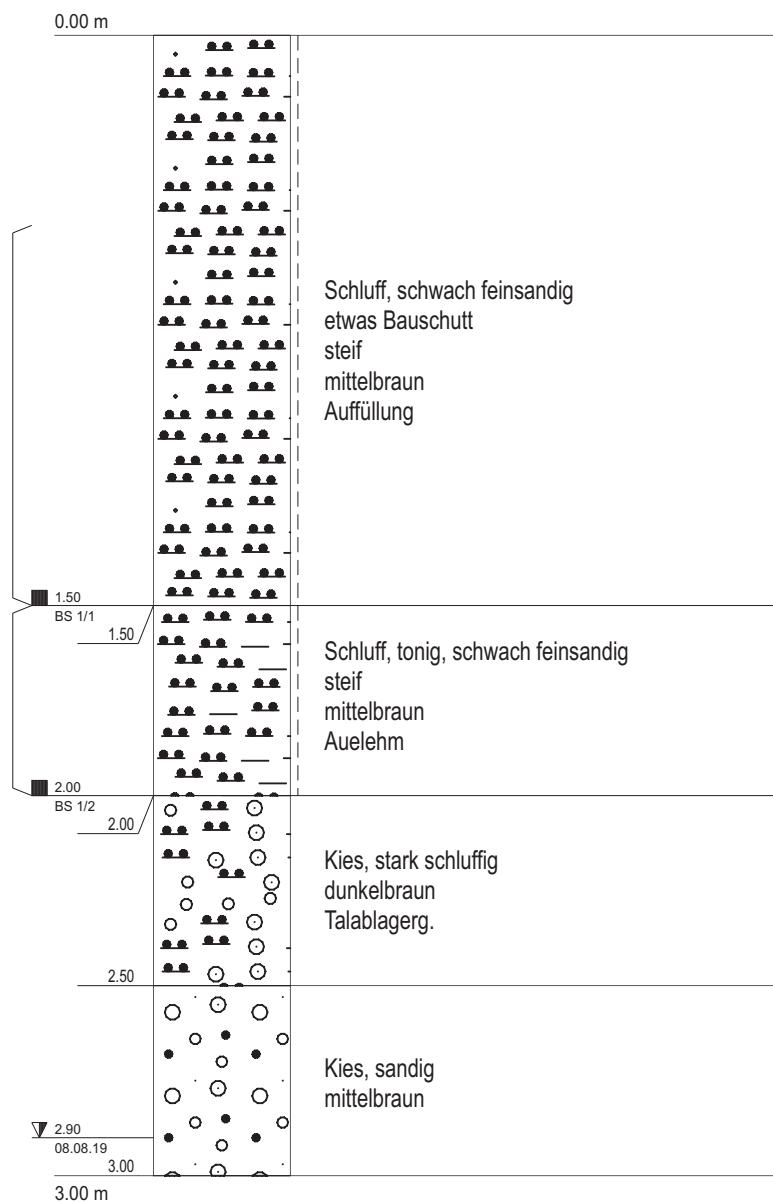
Maßstab 1 : 25

Anhang

Anhang 2 :

Bohrprofile HWS Krähenbach 2019

BS 01

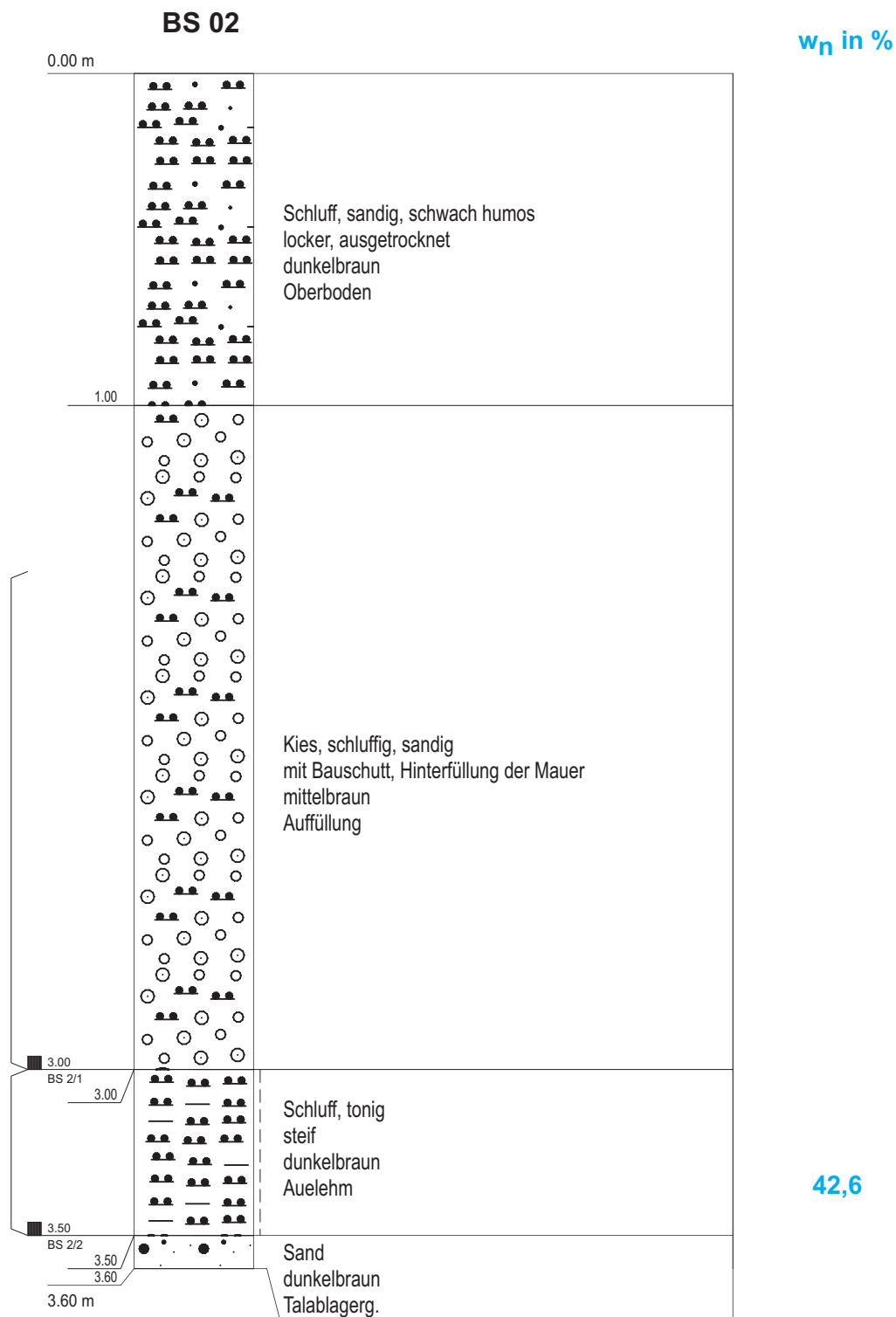


2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 01

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.1

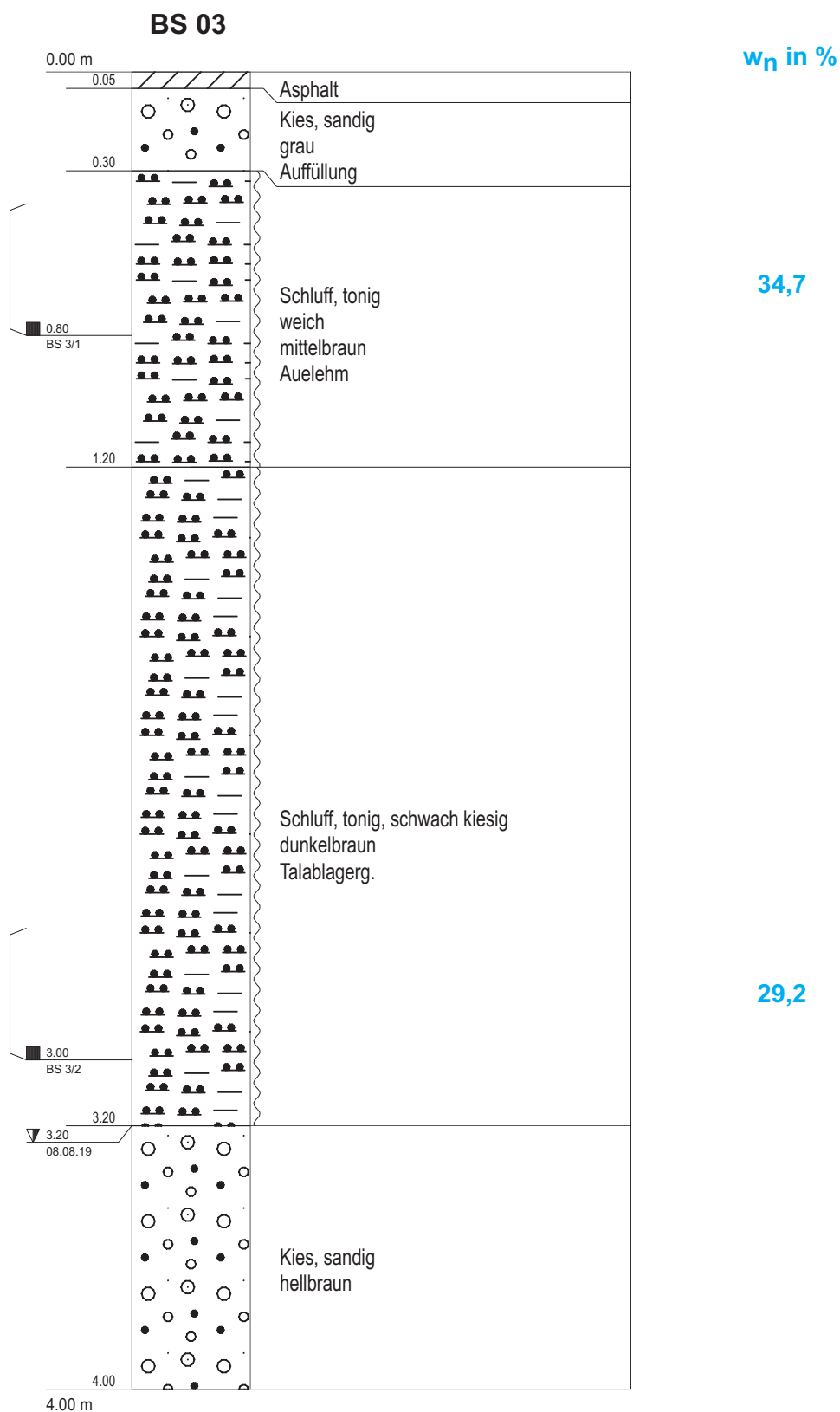


2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 02

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.2



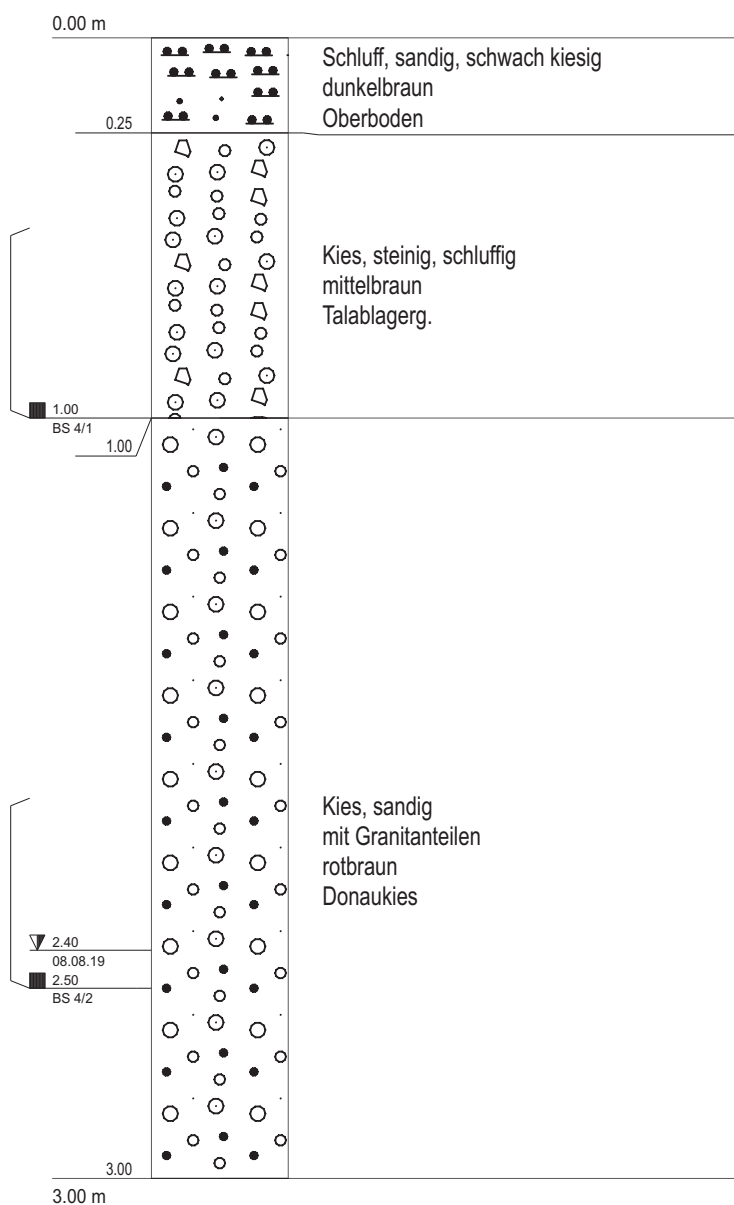
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 03

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.3

BS 04



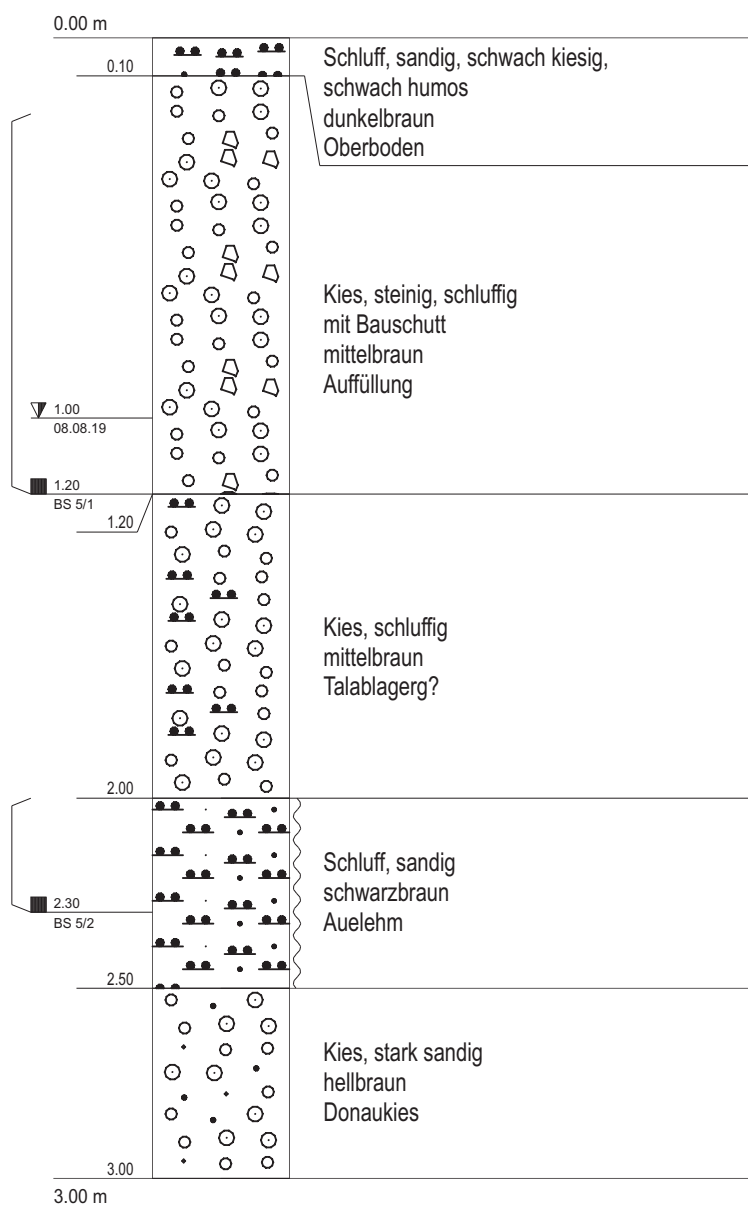
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 04

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.4

BS 05



w_n in %

35,6

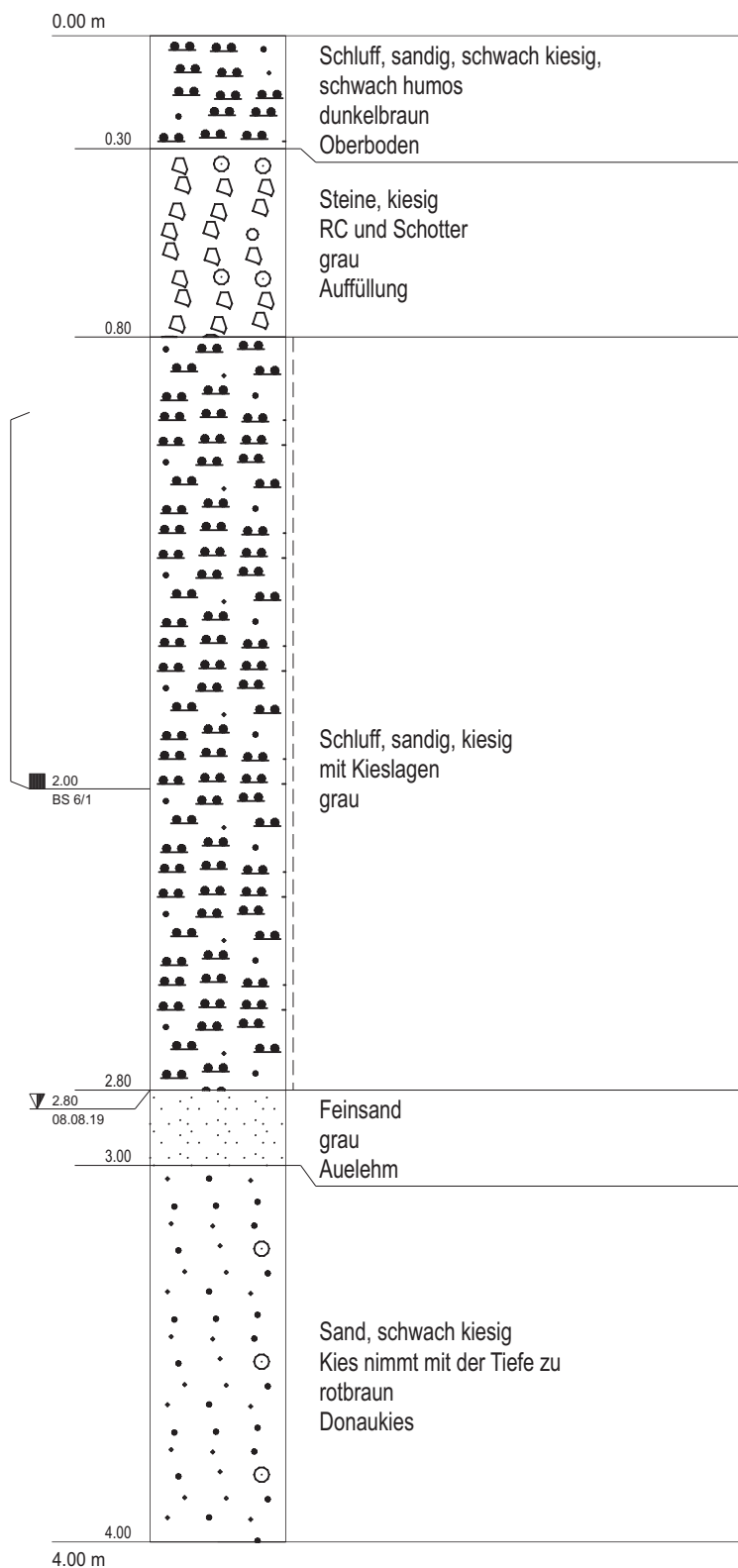
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 05

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.5

BS 06



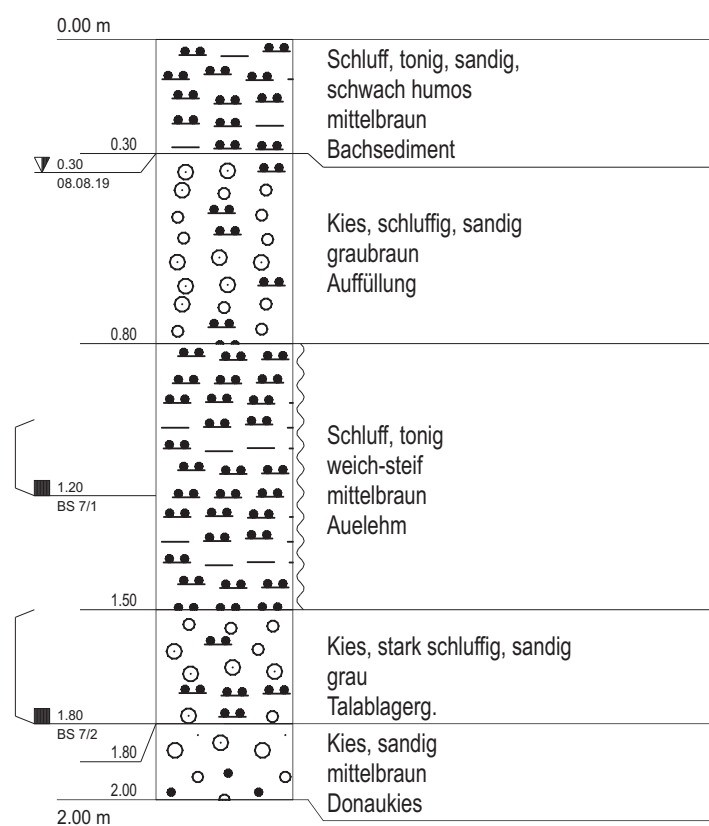
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 06

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.6

BS 07



w_n in %

35,2

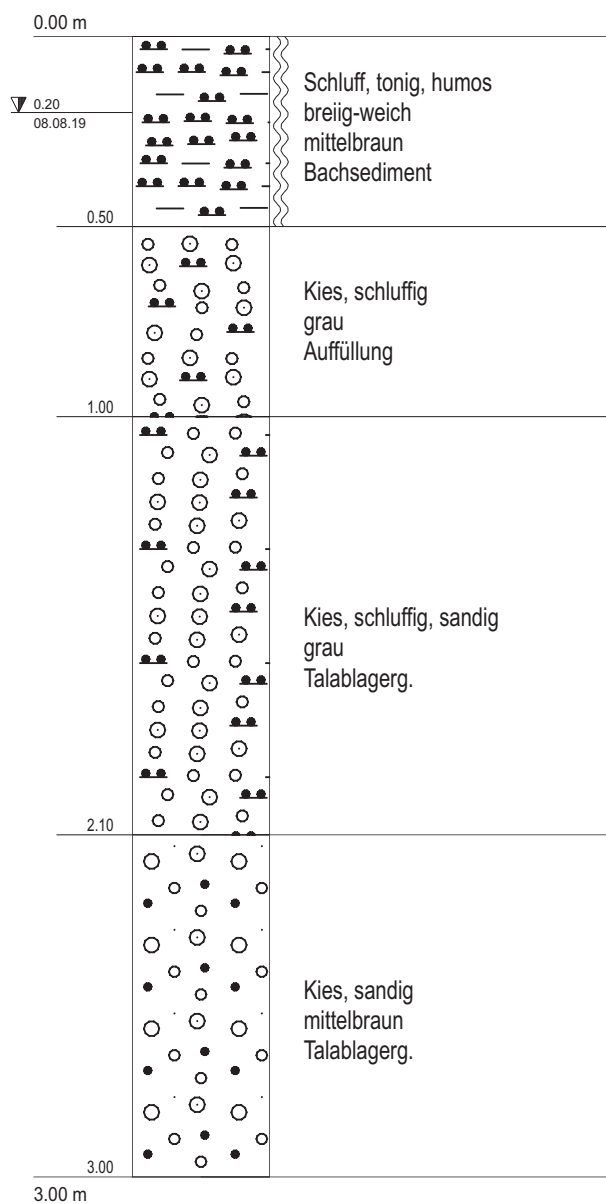
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 07

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.7

BS 08



2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

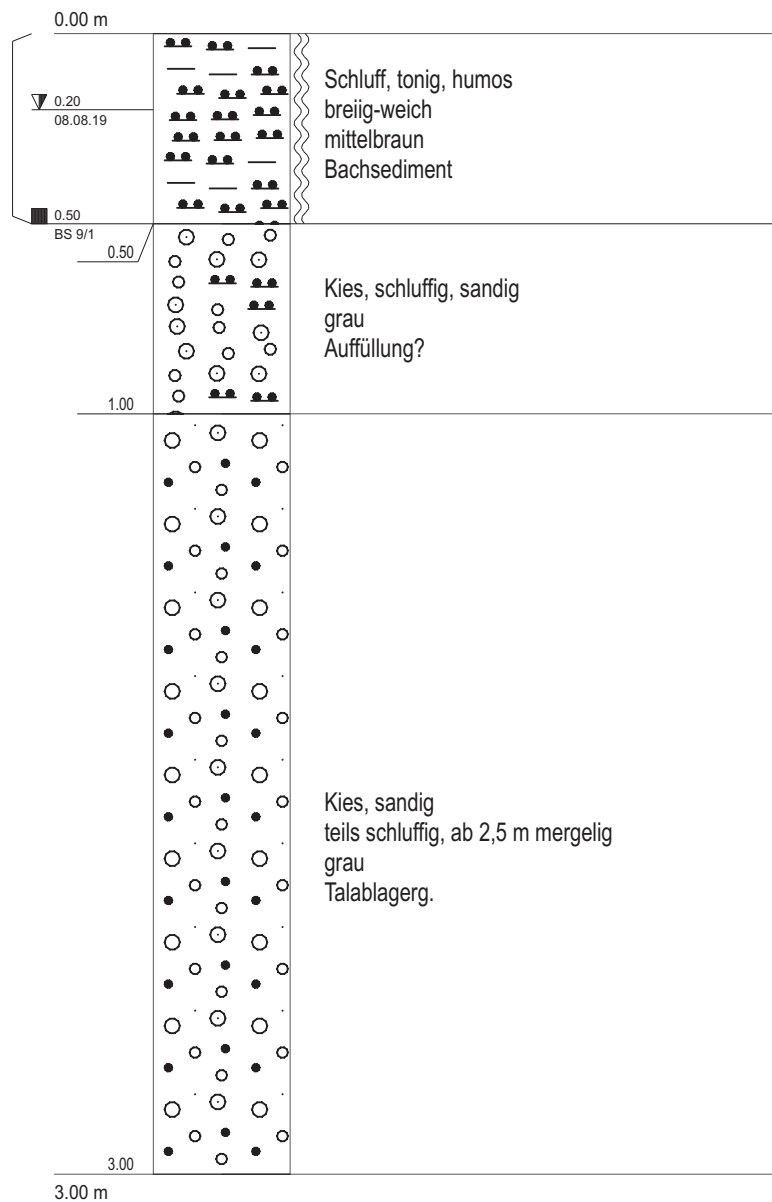
Geologisches Profil von BS 08

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.8

BS 09

w_n in %



92,9

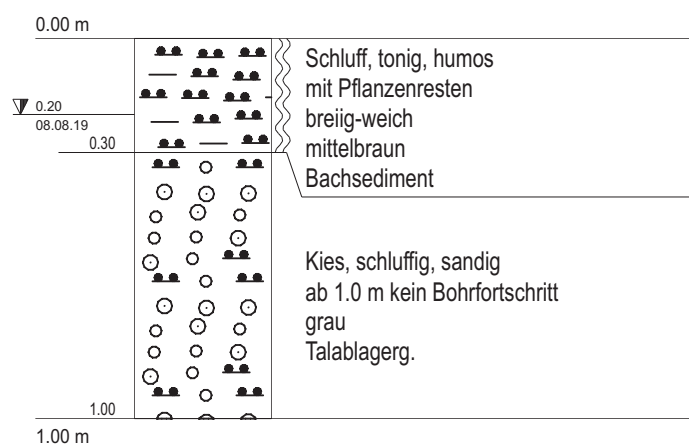
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 09

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.9

BS 10



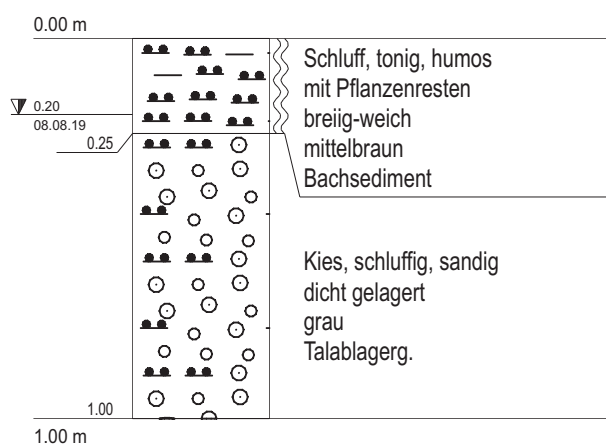
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 10

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.10

BS 11



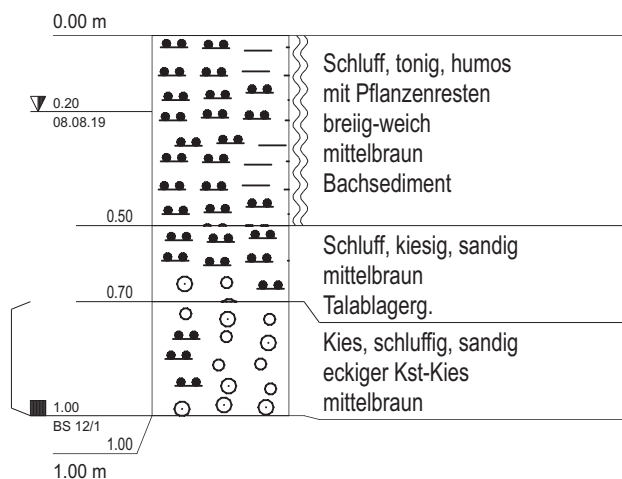
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 11

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.11

BS 12



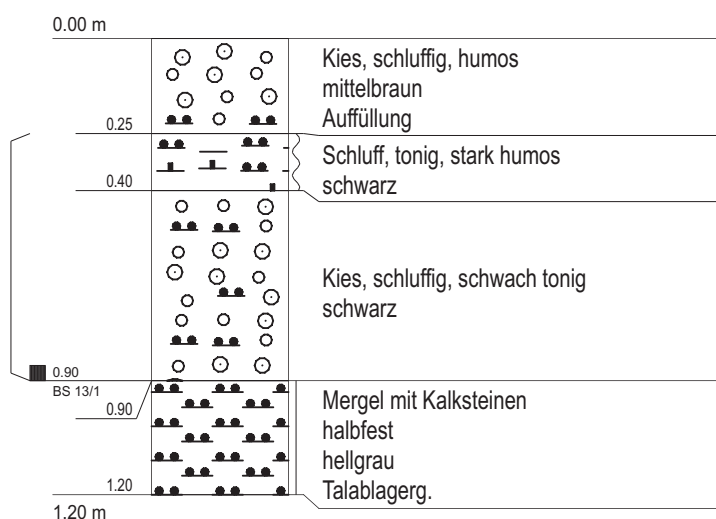
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 12

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.12

BS 13



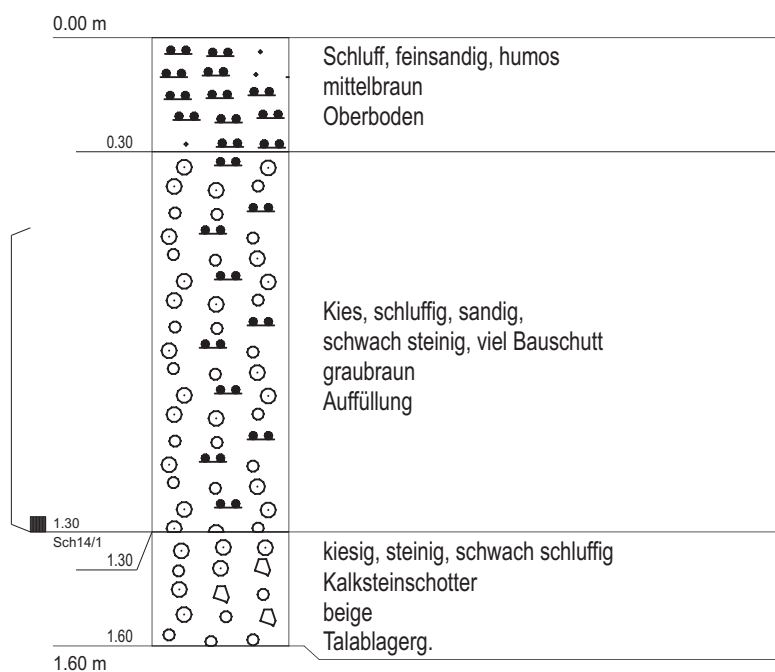
2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von BS 13

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.13

Schurf 14



2190705 Möhringen, Hochwasserschutz Krähenbach; Geo-/Abfalltechnik

Geologisches Profil von Schurf 14

Maßstab 1 : 20

Anlage 2.14

Anhang 3 :

Bohrprofile Brücke Brühlstraße

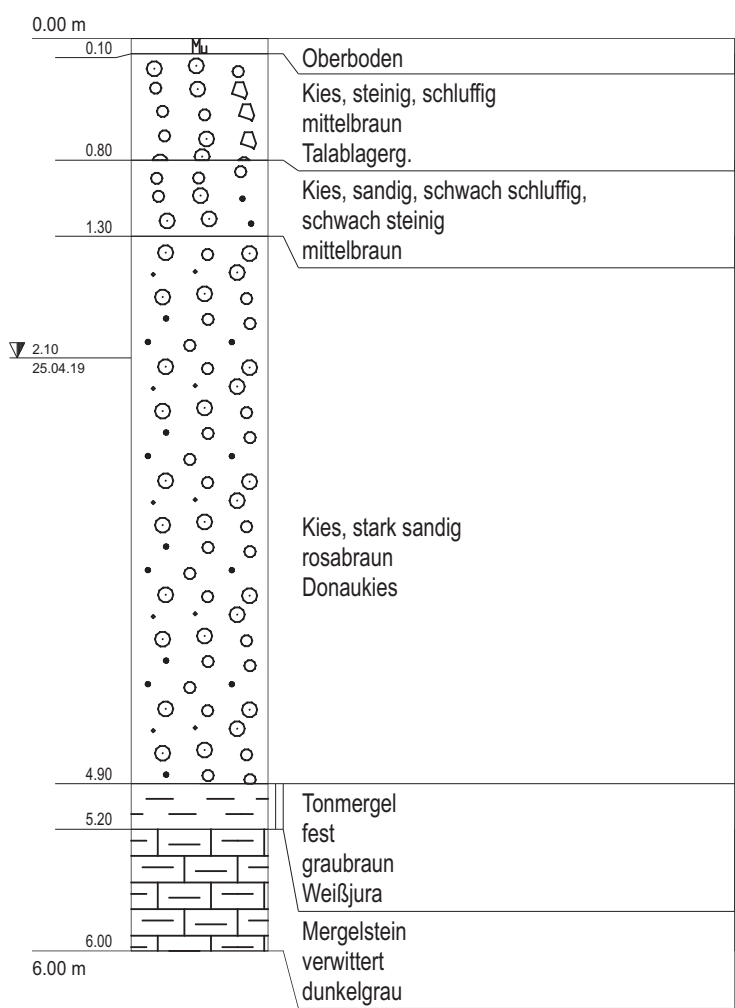
Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt Stadtwerke Tuttlingen
Kabeltrasse Möhringen-Gänsäcker
Ausführung: Baugrund Süd

Auftrag: Stadtwerke Tuttlingen
Bearbeiter: Ba

Datum: 16.05.19

BK 01



SPT N₁₅

5
21
54

2190207 Tuttlingen, Kabeltrasse TS Rathaus-TS Mittleres Ösch; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Geologisches Profil BK 01

Anlage 2.1

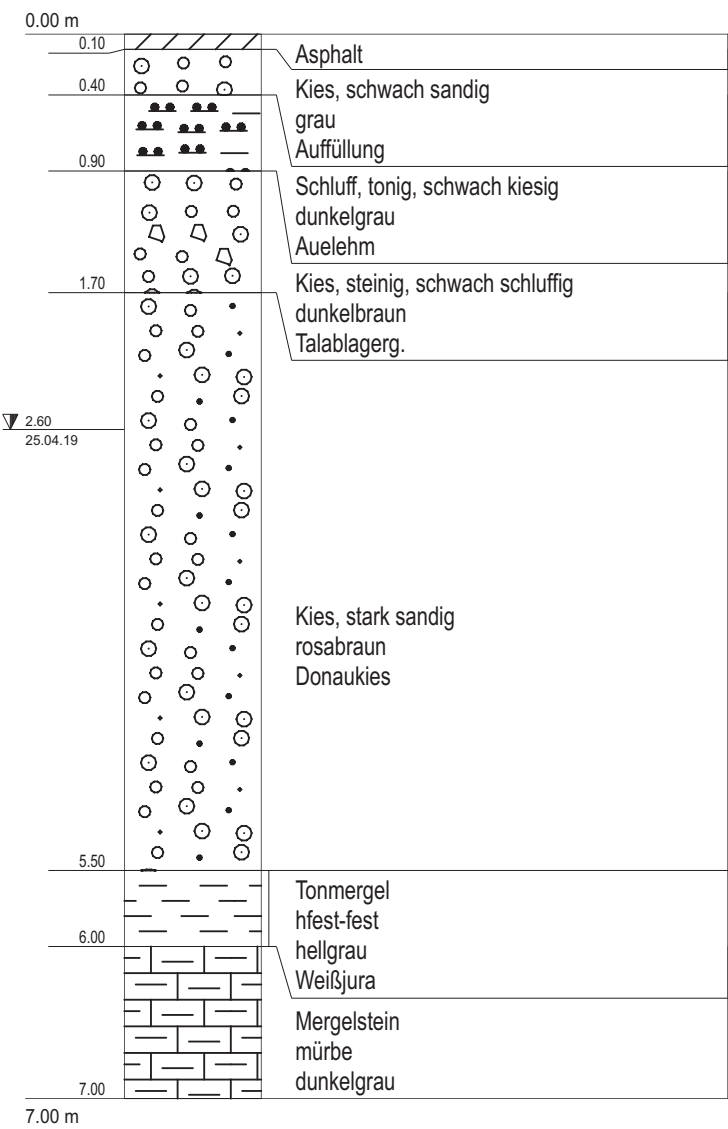
Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt Stadtwerke Tuttlingen
Kabeltrasse Möhringen-Gänsäcker
Ausführung: Baugrund Süd

Auftrag: Stadtwerke Tuttlingen
Bearbeiter: Ba

Datum: 16.05.19

BK 02



SPT N₁₅

5
6
6

2190207 Tuttlingen, Kabeltrasse TS Rathaus-TS Mittleres Ösch; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Geologisches Profil BK 02

Anlage 2.2

Anhang 4 :

Bohr- und Rammprofile Schafmarktbrücke

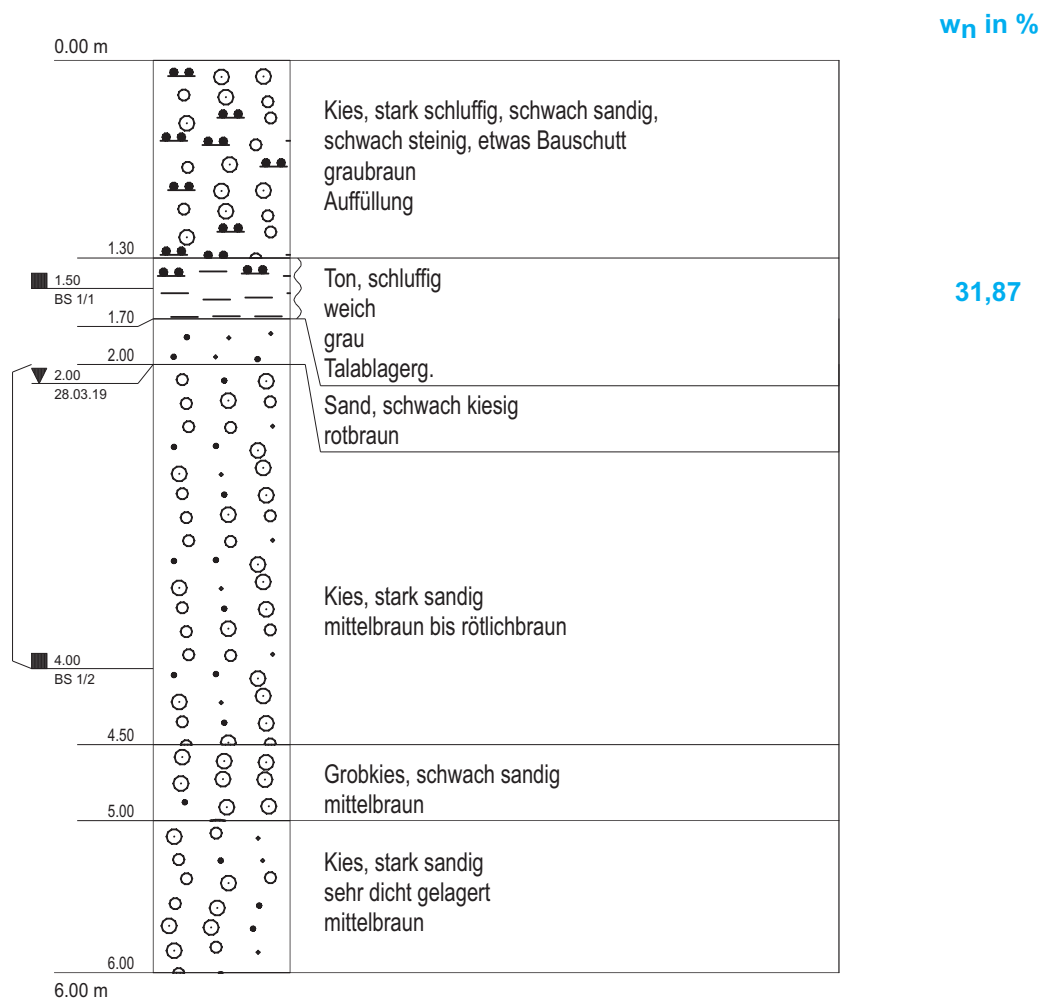
Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt: Tuttlingen, Schafmarktbrücke
Ausführung: Drömer

Auftrag: Stadt Tuttlingen
Bearbeiter: Ba

Datum: 28.03.19

BS 01



2190409 Tuttlingen-Möhringen, Neubeu Schafmarktbrücke; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Profil BS 01

Anlage 2.1

Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

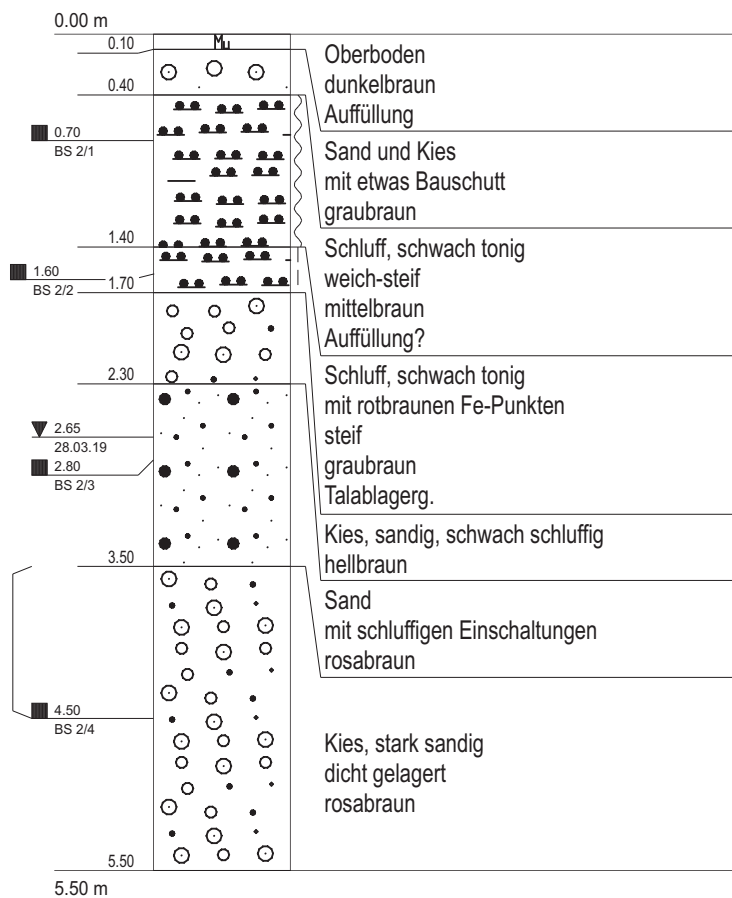
Projekt: Tuttlingen, Schafmarktbrücke
Ausführung: Drömer

Auftrag: Stadt Tuttlingen
Bearbeiter: Ba

Datum: 28.03.19

BS 02

w_n in %



2190409 Tuttlingen-Möhringen, Neubeu Schafmarktbrücke; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Profil BS 02

Anlage 2.2

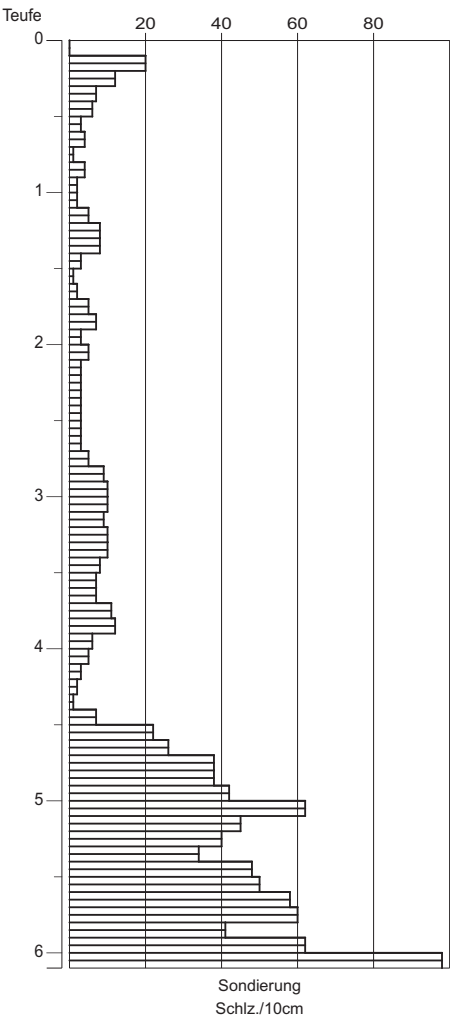
Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt: Tuttlingen, Schafmarktbrücke
Ausführung: Drömer

Auftrag: Stadt Tuttlingen
Bearbeiter: Ba

Datum: 28.03.19

DPH 3



2190409 Tuttlingen-Möhringen, Neubeu Schafmarktbrücke; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Profil BS 03

Anlage 2.3

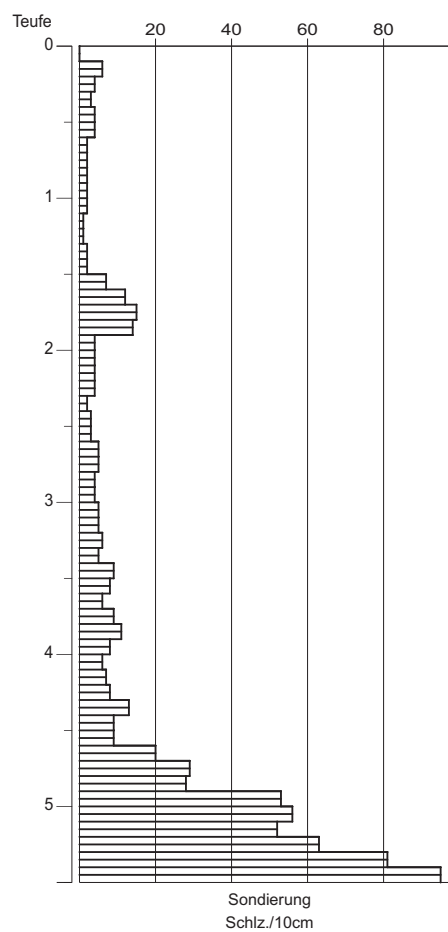
Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt: Tuttlingen, Schafmarktbrücke
Ausführung: Drömer

Auftrag: Stadt Tuttlingen
Bearbeiter: Ba

Datum: 28.03.19

DPH 4



2190409 Tuttlingen-Möhringen, Neubau Schafmarktbrücke; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Profil BS 04

Anlage 2.4

Anhang 5 :

Bohrprofile Brücke Eßlinger Straße

Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt Stadtwerke Tuttlingen
Kabeltrasse Möhringen/Sägewerk

Auftrag: Stadtwerke Tuttlingen

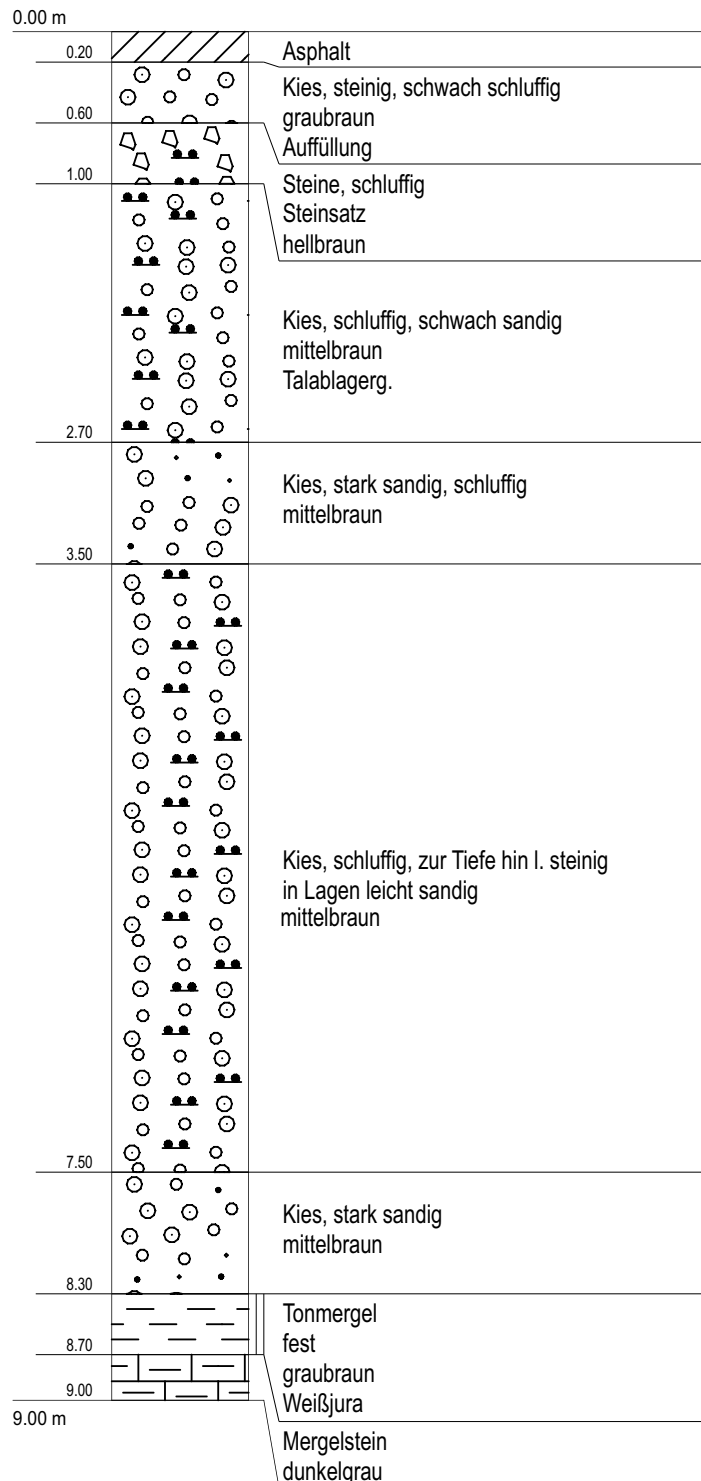
Datum: 16.05.19

Ausführung: Baugrund Süd

Bearbeiter: Ba

BK 07

SPT N₁₅



22
60
k.F.

2190202 Tuttlingen-Möhringen, Kabeltrasse TS Sägewerk - TS Bächetal; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Geologisches Profil BK 07

Anlage 2.1

Sachverständigenbüro für Boden- und Grundwasserschutz

Projekt Stadtwerke Tuttlingen
Kabeltrasse Möhringen/Sägewerk

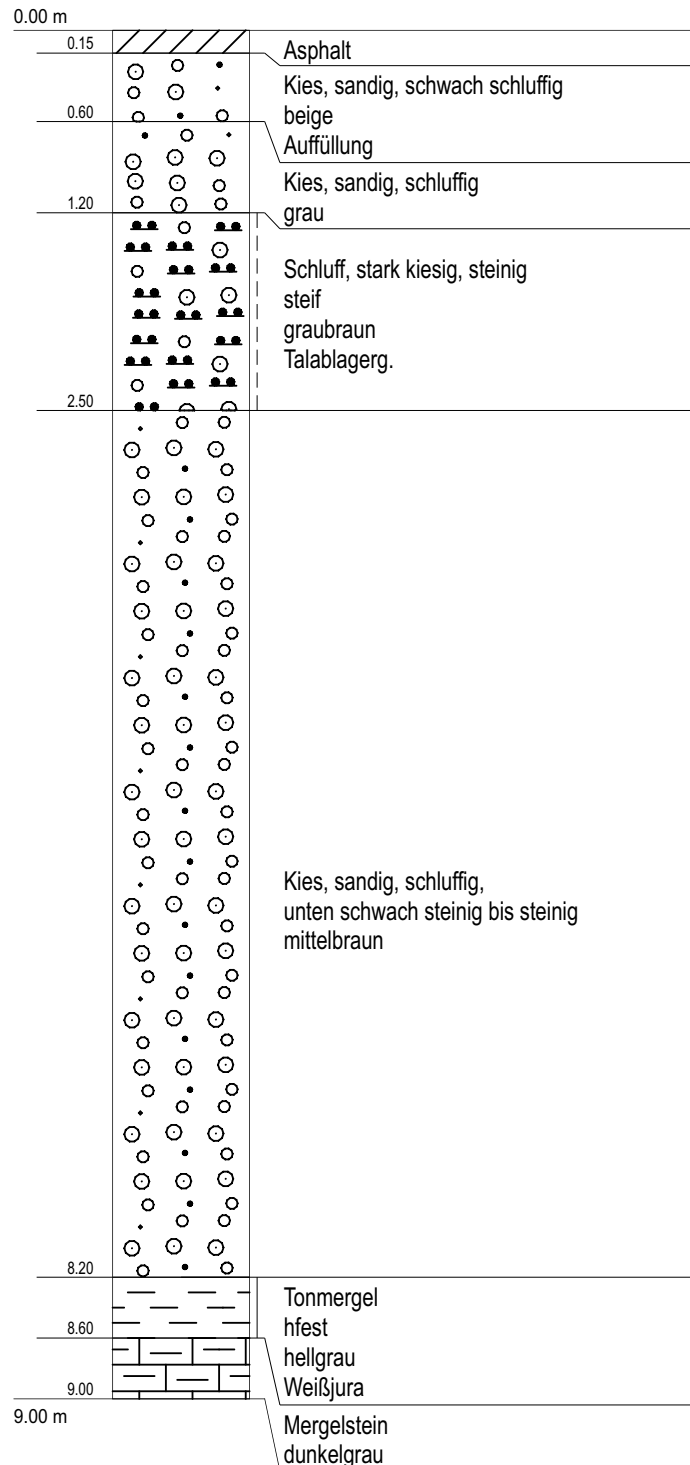
Auftrag: Stadtwerke Tuttlingen

Datum: 16.05.19

Ausführung: Baugrund Süd

Bearbeiter: Ba

BK 08



2190202 Tuttlingen-Möhringen, Kabeltrasse TS Sägewerk - TS Bächetal; Geotechnik

Maßstab: 1:50

Geologisches Profil BK 08

Anlage 2.2

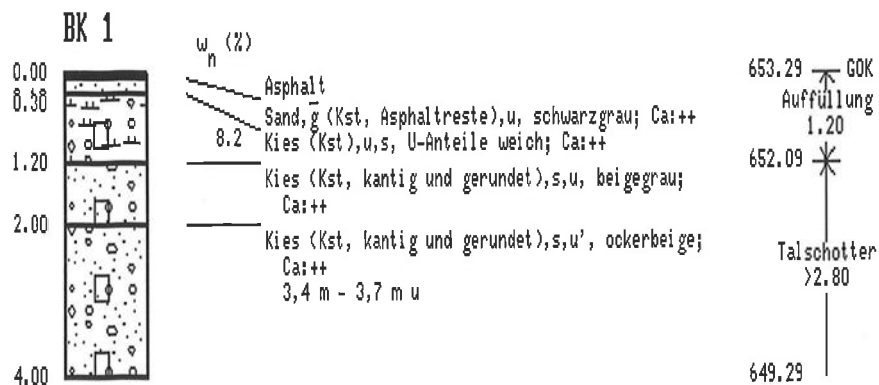
Anhang 6 :

Bohrprofile S + P Krähenbach 1997

TK 25: 8018 Tuttlingen
R ≈ 3482 666 / H ≈ 53 13 641
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 653.29 mNN (= GOK)

gebohrt von: Menning GmbH
gebohrt am: 17.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File: 26:'9707'BK1.bpr; ad

Verfüllung



Bohrverfahren:

- 4,0 m Rammkernbohrung $\varnothing$ 146 mm
 - 4,0 m Hilfsverrohrung $\varnothing$ 191 mm
- Bodenproben: 1,0 m; 2,0 m; 3,0 m; 4,0 m
Eimerproben: 3,0 m bis 4,0 m
Geruch unauffällig
Grundwasser nicht meßbar

Comp. = Compactonit
 $\varnothing$ nicht maßstäblich

Schichtenfolge der Kernbohrung
BK 1

Maßstab
1:100

Anlage
2.1.1

TK 25: 8018 Tuttlingen

R ≈ 34 82 549 / H ≈ 53 13 473

genaue Lage s. Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 652.04 mNN (= GOK)

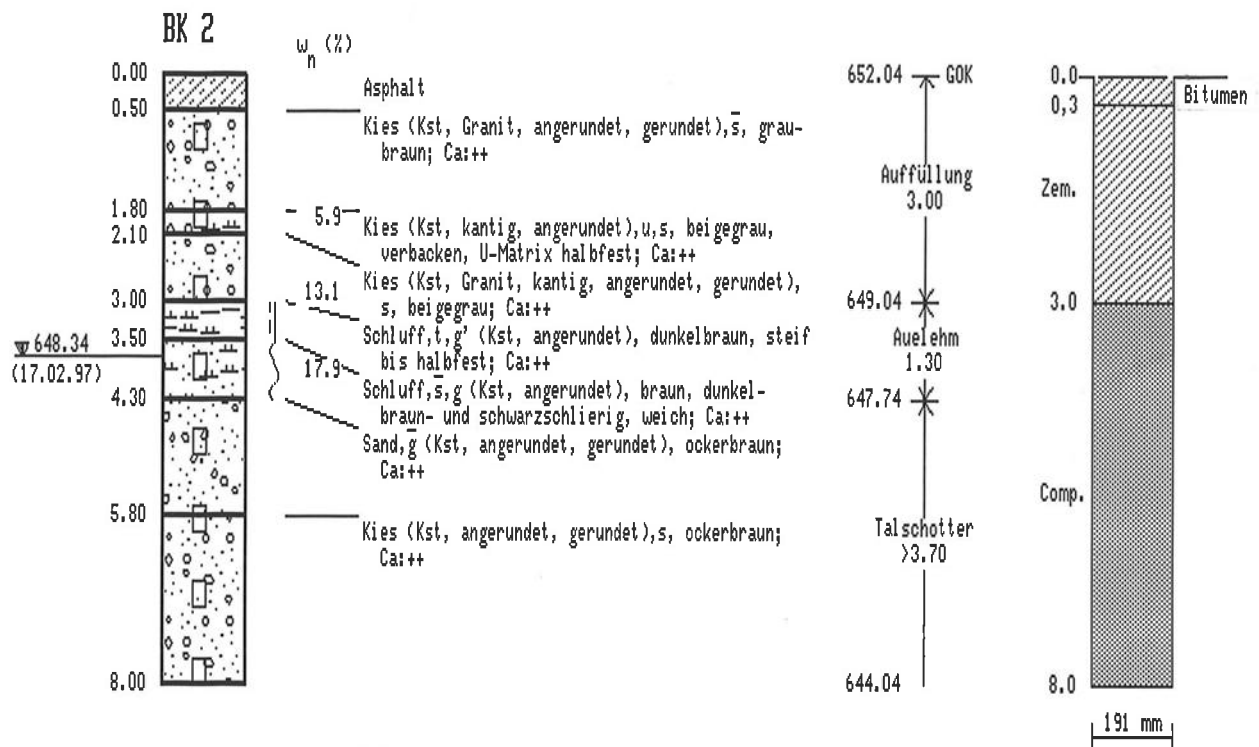
gebohrt von: Menning GmbH

gebohrt am: 17.02.97

aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich

File : 26: 9707 BK2.bpr; ad

Verfüllung



Bohrverfahren:

- 8,0 m Rammkernbohrung $\varnothing$ 146 mm

- 8,0 m Hilfsverrohrung $\varnothing$ 191 mm

Bodenproben: 1,0 m; 2,0 m; 3,0 m;

4,0 m; 5,0 m; 6,0 m; 7,0 m; 8,0 m

Eimerproben: 5,0 m bis 5,8 m; 7,0 m bis 8,0 m

Geruch unauffällig

Grundwasser angestiegen 3,7 m u. Gel. (17.02.97)

Zem. = Zement-Bentonit

Comp. = Compactonit

$\varnothing$ nicht maßstäblich

Schichtenfolge der Kernbohrung
BK 2

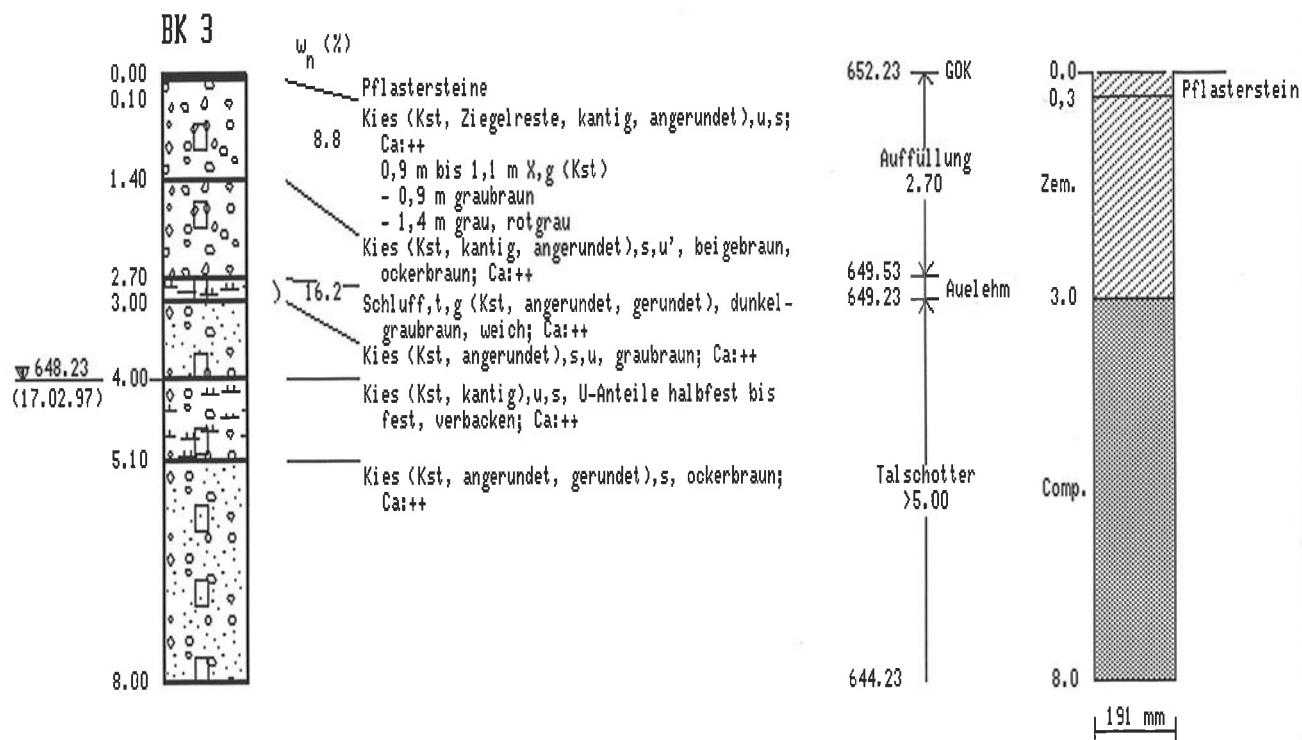
Maßstab
1:100

Anlage
2.1.2

TK 25: 8018 Tuttlingen
R ≈ 34 82 529 / H ≈ 53 13 479
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 652.23 mNN (= GOK)

gebohrt von: Menning GmbH
gebohrt am: 17.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File: 26: '9707' BK3.bpr; ad

Verfüllung



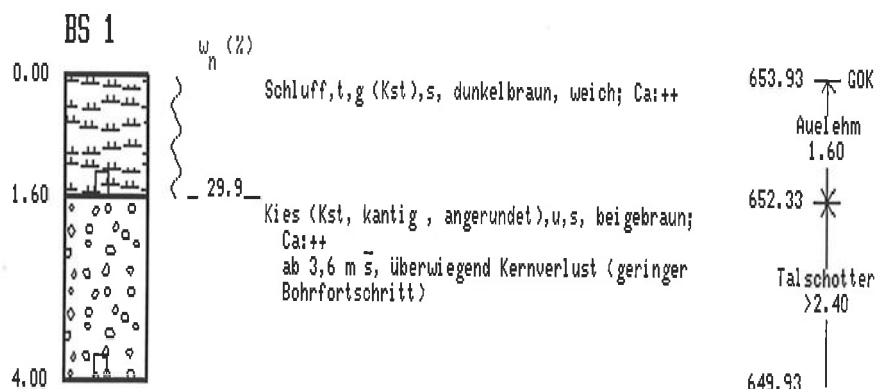
Bohrverfahren:
- 8,0 m Rammkernbohrung Ø 146 mm
- 8,0 m Hilfsverrohrung Ø 191 mm
Bodenproben: 1,0 m; 2,0 m; 3,0 m;
4,0 m; 5,0 m; 6,0 m; 7,0 m; 8,0 m
Eimerproben: 3,0 m bis 4,0 m; 6,0 m bis 7,0 m
Geruch unauffällig
Grundwasser angestiegen: 4,0 m u. Gel. (17.02.97)

Zem. = Zement-Bentonit
Comp. = Compactonit
Ø nicht maßstäblich

TK 25: 8018 Tuttlingen
R ≈ 34 82 673 / H ≈ 53 13 679
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 653.93 mNN (= GOK)

gebohrt von: Tronich, Voges/S&P
gebohrt am: 18.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File : 26:'9707'BS1.bpr; ad

Verfüllung



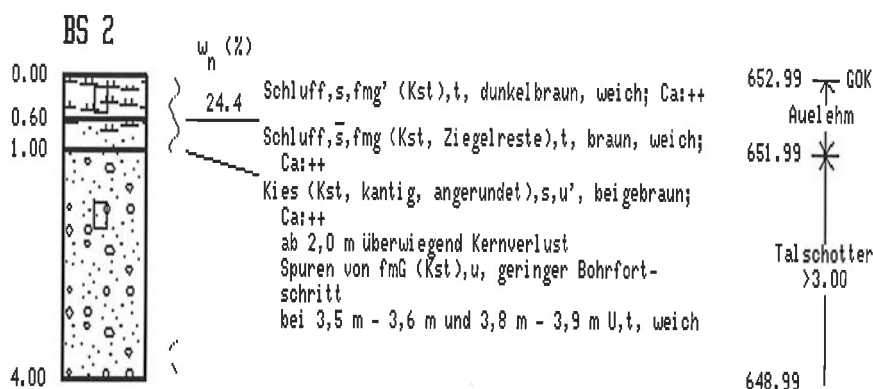
Bodenproben: 0,4 m bis 1,6 m; 1,6 m bis 4,0 m
Geruch unauffällig
Bohrloch verstürzt, Grundwasser > 1,9 m u. Gel.
ab 1,9 m Schappe naß

Zem. = Zement-Bentonit
Comp. = Compactonit
∅ nicht maßstäblich

R ≈ 34 82 581 / H ≈ 53 13 609
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 652.99 mNN (= GOK)

gebohrt am: 18.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File : 26:'9707'BS2.bpr; ad

Verfüllung



Bodenproben: 0,2 m bis 0,5 m; 1,0 m bis 2,0 m
Geruch unauffällig
Bohrloch verstürzt, Grundwasser > 1,9 m u. Gel.
ab 1,8 m Schappe naß

Zem. = Zement-Bentonit
Comp. = Compactonit
∅ nicht maßstäblich

Schichtenfolgen der Kleinbohrungen
BS 1 und BS 2

Maßstab
1:100

Anlage
2.2.1

TK 25: 8018 Tuttlingen

R ≈ 34 82 547 / H ≈ 53 13 557

genaue Lage s. Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 652.43 mNN (= GOK)

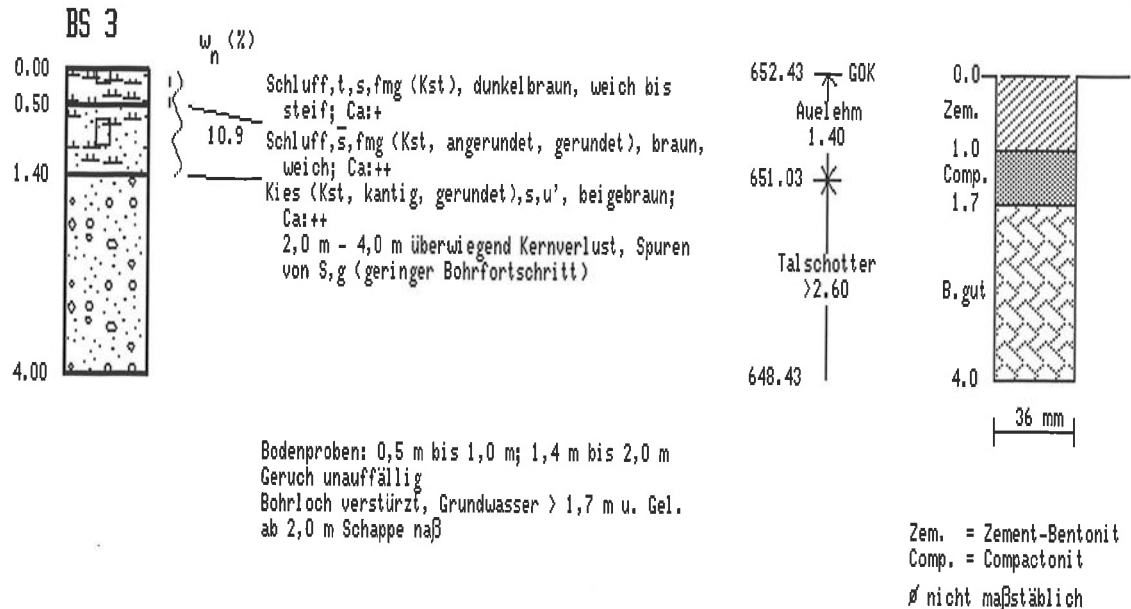
gebohrt von: Tronich, Voges/S&P

gebohrt am: 18.02.97

aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich

File: 26: 9707 BS3.bpr; ad

Verfüllung



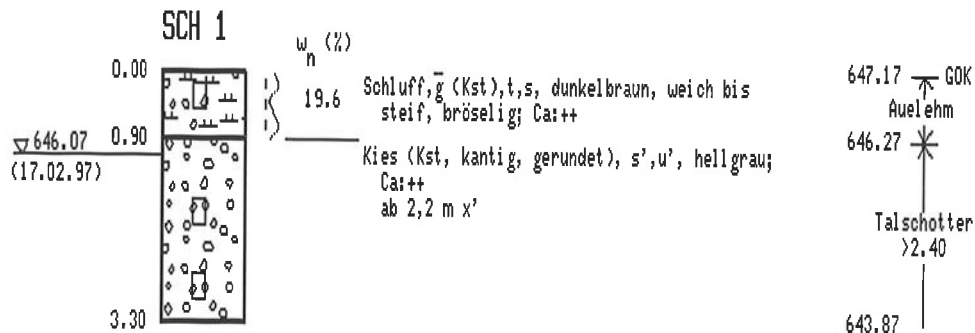
Schichtenfolge der Kleinbohrung.
BS 3

Maßstab
1:100

Anlage
2.2.2

TK 25: 8018 Tuttlingen
R ≈ 34 82 718 / H ≈ 53 13 178
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 647.17 mNN (= GOK)

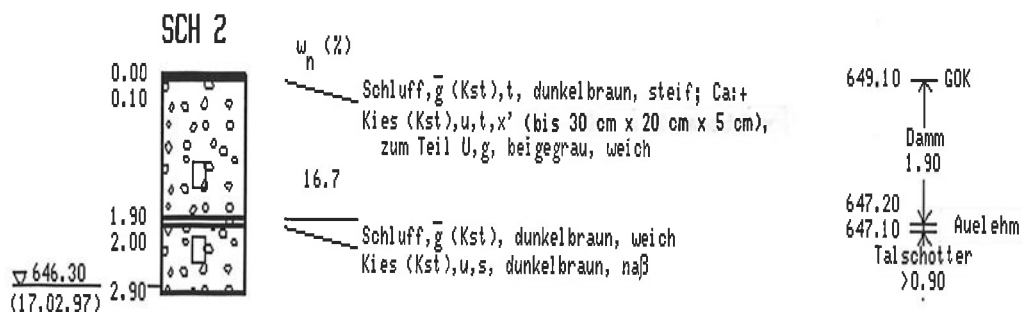
hergestellt: Tronich/S&P
am : 17.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File : 26:'9707'SCH1.bpr; ad



Bodenproben: 0,5 m
Eimerproben: 2,0 m; 3,0 m
Geruch unauffällig
starker GW-Zulauf bei 1,1 m u. Gel.
mit dem Aushub verfüllt

R ≈ 34 82 756 / H ≈ 53 13 137
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 649.10 mNN (= GOK)

am : 17.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File : 26:'9707'SCH2.bpr; ad



Eimerproben: 0,5 m bis 1,5 m; 2,5 m
Geruch unauffällig
Grundwasser-Zulauf bei 2,8 m u. Gel. (17.02.97)
mit dem Aushub verfüllt

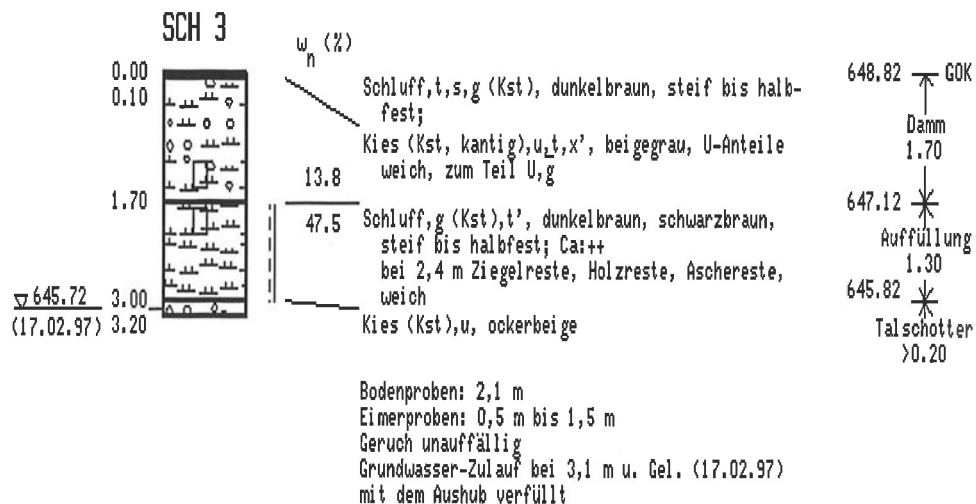
Schichtenfolgen der Schürfe
SCH 1 und SCH 2

Maßstab
1:100

Anlage
2.3.1

TK 25: 8018 Tuttlingen
R ≈ 3482 694 / H ≈ 5313147
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 648.82 mNN (= GOK)

hergestellt: Tronich/S&P
am : 17.02.97
aufgenommen: Dipl.-Geol. Dieter Tronich
File : 26: '9707' SCH3.bpr; ad



Schichtenfolge des Schurfes
SCH 3

Maßstab
1:100

Anlage
2.3.2