

Dr.-Ing. Georg Ulrich Geotechnik GmbH
Zum Brunnentobel 6 88299 Leutkirch

Stadtwerke Pfullendorf GmbH
Bahnhofstraße 6
88630 Pfullendorf

vorab per E-Mail: joerg-arne.bias@stadtwerke-pfullendorf.de

Sachverständiger
Dr.-Ing. Georg Ulrich

Von der IHK
Bodensee-Oberschwaben

öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für Erd- und Grundbau,
Boden- und Felsmechanik.

Baugrund
Geologie

Hydrogeologie
Altlasten

Gründungsplanung
Grundbaustatik
Simulationsrechnungen
Baugrund-Dynamik

Pfahlintegritätskontrolle
Erschütterungsmessungen
Grundwassermodellierungen
Bodenmechanisches Labor

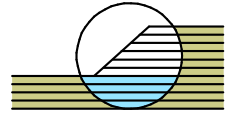
Bohrtechnik
Brunnenbau

Bearbeiter	Telefon	AZ	Vorgang	Datum
Dr.-Ing. Georg Ulrich	07561 - 9863 - 12	2001018geo	246113	19.02.2020

Heizzentrale Museumsgasse in 88630 Pfullendorf

Geotechnischer Untersuchungsbericht

Inhalt	1	Veranlassung
	2	Geomorphologie, Schichtenfolge Schichtbeschreibung
	3	Boden- und Felsklassifizierung, Bodenkennwerte, Homogenbereiche, Erdbeben
	4	Abfalltechnische Untersuchung
	5	Grundwassersituation
	6	Versickerung
	7	Geotechnische Beurteilung
	7.1	Gründung
	7.2	Bauwerksabdichtung
	7.3	Baugrubensicherung, Wasserhaltung
	8	Planungs- und baubegleitende Empfehlungen



Anlagen	1.1	Übersichtslageplan
	1.2	Lageplan Baugrundaufschlüsse
	1.3	GPS Koordinaten Baugrundaufschlüsse
	2.1	Geotechnische Profile
	3.1-4	Bodenmechanische Laborversuche Wassergehalt, Kornverteilung, Wichte, Porenzahl
	4.1-6	Bohrkernfotografien
	5.1	Bemessung Einzelfundamente
	5.2	Bemessung Streifenfundamente
	6.1-4	Chemische Analysen

Unterlagen

- [1] a.r.architects, Ravensburg: Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf
Lageplan und Schnitt 1:200
- [2] Geol. und Top. Karte 8021 Pfullendorf 1:25.000

1 Veranlassung

Die Stadtwerke Pfullendorf beabsichtigen den Bau einer Heizzentrale an der Museumsgasse in Pfullendorf.

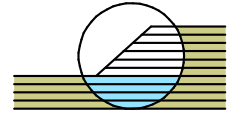
Die Planung führt das Architekturbüro a.r.architects, Ravensburg, aus. Mit Schreiben vom 16.01.2020 wurde der Unterzeichner beauftragt, die Baugrunderkundung und Begutachtung gemäß Angebot vom 15.11.2019 durchzuführen.

Im Zeitraum 03. – 05.02.2020 wurden die Aufschlußbohrungen BK1 –BK3 und die Rammsondierung DPH1 an den im Lageplan, Anlage 1.2, bezeichneten Stellen von der Dr.-Ing. G. Ulrich Geotechnik GmbH ausgeführt und nach Lage und Höhe eingemessen.

2 Geomorphologie, Schichtenfolge

Der Standort der geplanten Heizzentrale liegt unmittelbar am Nordrand der Pfullendorfer Altstadt, vor dem „Alten Haus“, einem historischen Gebäude, das zu den ältesten Wohnhäusern Süddeutschlands gehört. Der Wohnturm aus dem Jahr 1317 dient heute als Ausstellungsgelände und Museum für die Stadtgeschichte.

Geomorphologisch liegt das Grundstück am Trauf einer Hochebene, die mit einem Steilhang über 40 Höhenmeter zum Kehlachtal, einer rißeiszeitlichen Schmelzwasserrinne, abfällt.



Die Hochebene wird von den Schottern und Grundmoränen der Rißeiszeit aufgebaut. Darunter liegt der Felssockel der Oberen Meeresmolasse (OMM). Wenig unterhalb der Heizzentrale kommt der Sandstein der Meeresmolasse in der Talflanke zum Vorschein.

Die Museumsgasse verläßt die Pfullendorfer Altstadt – nach den Aufschlußbohrungen zu urteilen - auf mächtigen künstlichen Auffüllungen.

Die Bohrung BK1, die nur 5 m neben der Straße liegt, führt bis 8,5 m diese Auffüllungen, ebenso die Bohrung BK3 mit 8,0 m. In der Bohrung BK2 vertiefen sich die Auffüllungen sogar bis auf 10 m.

Das geologische Profil gestaltet sich dementsprechend wie folgt und ist in den Darstellungen der Bohrprofile in Anlage 2.1 ersichtlich:

: künstliche Auffüllungen	rezent
: Rißkiese und Rißmoräne	rißeiszeitlich
: Molassesandstein	tertiär (OMM)

Die Auffüllungen unter der als Parkplatz benutzten Fläche bestehen zunächst aus einer Kies-schicht mit 0,8 / 2,2 / 1,0 m Schichtdicke, die als Kiestragschicht definiert werden kann. Die Asphaltdecke darüber ist 10 cm stark.

Darunter setzen im Wechsel kiesige und schwach kohäsive gemischtkörnige Auffüllböden bis in Tiefen von 8,5 / 10 / 8,0 m ein. Die dunkle Variante an Farbtönen kennzeichnet einen lokalen organischen Anteil. Insgesamt läßt sich keine Auffüllsystematik in den abgelagerten Böden erkennen, ebenso wenig eine planmäßige Verdichtung. Der Auffüllcharakter der Böden wird durch Keramikscherben und zahlreiche Ziegelbruchstücke unterstrichen. Rein organische Schichten wie Torf wurden in den Kernstrecken nicht gefunden. Die Liegezeit der Auffüllungen dürfte in historischen Maßstäben anzugeben sein.

Die Ablagerungen aus der Rißeiszeit sind weitgehend als schwach schluffig gebundene, sandige Fein- bis Grobkiese, meist rund geformt, zu beschreiben. Mit größerem Feinkornanteil liegt das Grobkorn in einer halbfesten Feinkornmatrix und gleicht dem Geschiebemergel. Der natürliche Lagerungszustand ist als dicht zu beurteilen.

Nagelfluhartige Verkittungen konnten in den Bohrkernen nicht festgestellt werden, zeichnen sich jedoch in den Schlagzahlspitzen der Rammsondierungen DPH1A und DPH1B ab

Die Obere Meeresmolasse stellt sich als harter, hellbrauner Sandstein dar.



3 Boden- und Felsklassifizierung, Bodenkennwerte, Homogenbereiche, Erdbeben

Tabelle 1: Bodenmechanische Klassifizierungen

	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300	Bodenklasse DIN 18301	Frostempfindlich- keit ZTVE
	Bodengruppen	Erdarbeiten	Bohrarbeiten	Erdbau
Auffüllungen (Kiestragschicht)	GW, GU	3	BN1	F1
Auffüllungen (historisch)	GU*, SU, UL, TL	3, 4	BN2, BB2, BS2, BS4	F2, F3
Rißablagerungen (Kies, Moräne)	GU, GU*	3, 4	BN2, BS1, BS3	F2, F3
Sandstein (tertiär)	Fels	6, 7	--	F2, F3

Nach Einstufung gemäß DIN 4149:2005-04 – Bauten in deutschen Erdbebengebieten - liegt das Gebiet in der Erdbebenzone 2.

Es ist mit der Untergrundklasse T und der Baugrundklasse B zu rechnen.

Tabelle 2: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)

	Wichte γ / γ' (kN/m ³)	Reibungswinkel (dräniert) ϕ' (°)	Kohäsion (dräniert) c' (kN/m ²)	Durchlässigkeit k_f (m/s)	Steifemodul E_s (MN/m ²)	
					Erstbelas- tung	Wiederbe- lastung
Auffüllungen (Kiestragschicht)	18/8 – 20/10	30	0	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-5}$	40 – 60	120 – 180
Auffüllungen (historisch)	18/8 – 20/10	25	0 – 5	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-8}$	8 – 16	24 – 48
Rißablagerungen (Kies, Moräne)	21/11 – 22/12	30 – 37,5	0	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$	50 – 70	150 – 210
Sandstein (tertiär)	24/14 – 25/15	Fels $\phi'_{\text{Ersatz}} = 40^\circ$	Fels $c'_{\text{Ersatz}} =$ 200 kN/m ²	1×10^{-8} Klüfte	>100	>300

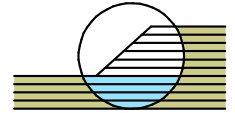


Tabelle 3: Homogenbereiche

	Geotechnische Kategorie GK 3			Homogenbereich A		Homogenbereich RI		Homogenbereich MO	
				Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301
Nr.	Kennwert/Eigenschaft	Dimension							
Boden	1 Korngrößenverteilung								
	2a Masseanteil Steine	%	20	20	30	30			
	2b Masseanteil Blöcke	%	5	10	5	10			
	2c Masseanteil große Blöcke	%	1	5	1	5			
	4 Dichte	to/m ³	1,8	n.e.	1,8	n.e.	2,4 - 2,5	n.e.	
	5 Kohäsion	kN/m ³	n.e.	0 - 10	n.e.	0	n.e.	n.b.	
	6 undrainede Scherfestigkeit	kN/m ³	60 - 100	60 - 100	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
	8 Wassergehalt	%	14 - 27	14 - 27	<10	<10	n.b.	n.b.	
	10 Konsistenzzahl I _c	-	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
	12 Plastizitätszahl I _p	-	0 - 15	0 - 15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
	14 Lagerungsdichte D	-	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,75 - 1,0	0,75 - 1,0	n.b.	n.b.	
	17 Organischer Anteil	%	0 - 5	n.e.	0 - 5	n.e.	n.b.	n.e.	
	19 Abrasivität		n.e.	gering	n.e.	hoch	n.e.	hoch	
	20 Bodengruppe		GW, GU, GU*, SU, UL, TL	GW, GU, GU*, SU, UL, TL	GU, GU*	GU, GU*	n.b.	n.b.	
21 ortsübliche Bezeichnung									
Fels	1 Benennung von Fels								
	2 Dichte	to/m ³		n.e.		n.e.	2,4 - 2,5	n.e.	
	3 Verwitterung						gering	gering	
	6 Druckfestigkeit	MN/m ²					>100	>100	
	8a Trennflächenrichtung						n.b.	n.b.	
	8b Trennflächenabstand	cm					>10	>10	
	8c Gesteinskörperform						n.b.	n.b.	
	11 Abrasivität		n.e.		n.e.		n.e.	hoch	
12 ortsübliche Bezeichnung		Auffüllungen	Auffüllungen	Rißkiese, -moräne	Rißkiese, -moräne	Molassesandstein	Molassesandstein		
			n.e. nicht erforderlich						
			n.b. nicht bestimmbar						

4 Abfalltechnische Untersuchung

Für die abfalltechnische Bewertung und Einstufung von Bodenmaterial sind die Kriterien der „Verwaltungsvorschrift für die Bewertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ (VwV Boden) maßgeblich. Bodenmaterial im Sinne dieser VwV ist Material aus Böden im Sinne von §2 Abs.1 BBodSchG, jedoch ohne Mutterboden. Zusätzlich kann Bodenaushub mit bis zu 10% Fremdbestandteilen nach VwV Boden bewertet und deklariert werden. Bei Fremdbestandteilen > 10 % kann das Material in technischen Bauwerken verwendet werden.

Für eine orientierende abfalltechnische Einstufung der angetroffenen Auffüllungen wurden für die Erstellung von Mischproben Einzelproben aus den Bohrkernen entnommen, zu den in der Tabelle 4 aufgelisteten repräsentativen Mischproben zusammengeführt und von der DAkKS-akkreditierten Eurofins Umwelt Südwest GmbH, Karlsruhe, chemisch untersucht.

Die Mischproben repräsentieren die unterschiedlichen Auffüllungen im Baufeld, die nach dem Fremdbestandanteil (Ziegel-, Keramikbruch) unterschieden werden können.



Die abfalltechnischen Einstufungen sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 4: Abfalltechnische Einstufungen Mischproben

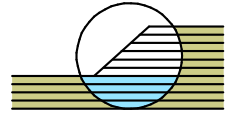
Bezeichnung Mischprobe	Beschreibung	Qualitätsstufe VwV Boden	Einstufungsrelevante Parameter	Bodenart BBodSchV
MP1	Auffüllungen Fremdbestandteile < 10%	Z 1.2	Chlorid (Eluat)	Lehm/ Schluff
MP2	Auffüllungen Fremdbestandteile > 10%	Z 1.2	Chlorid (Eluat)	Lehm/ Schluff

Sowohl für die Mischprobe **MP1** als

auch die Mischprobe **MP2** ist die Chloridkonzentration im Eluat einstufigsrelevant. Bei den untersuchten Auffüllungen handelt es sich um Material der **Qualitätsstufe Z 1.2**.

Allgemein ist davon auszugehen, dass anfallender Bodenaushub in Vorbereitung einer geordneten Verwertung vorzugsweise zu Haufwerken aufzusetzen, systematisch zu beproben und nach abfalltechnischer Deklaration einer auf die Belastung ausgerichteten Verwertung zuzuführen ist.

Bei der Entsorgung von Aushubmassen ist das Verwertungsgebot nach §7, Abs. 2 des „Gesetzes zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen“ (KrWG) zu beachten.



5 Grundwassersituation

Die Rißkiese führen Grundwasser. Der tertiäre Sandstein der Molasse bildet die Grundwasser-sohlschicht.

Der Grundwasserspiegel stellte sich an der Basis der Auffüllungen in

BK1: 7,91 m unter Gel. bzw. 656,70 m NHN

BK3: 7,75 m unter Gel. bzw. 656,46 m NHN

ein.

Abweichend davon liegt der Grundwasserspiegel in der Bohrung BK2 deutlich tiefer, auf

BK2: 11,52 m unter Gel. bzw. 652,67 m NHN.

Die Differenz kann mit der hangabwärts gerichteten Grundwasserströmung erklärt werden. Das Grundwasser folgt dem nach Süden, ins Kehlachtal relativ steil abfallenden Gelände.

Die jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels sind aufgrund der Hanglage rela-tiv gering einzuschätzen.

Der Bemessungswasserspiegel wird daher auf die Kote

$$656,70 + 1,0 = 657,70 \text{ m NHN}$$

gelegt.

6 Versickerung

Der Durchlässigkeitsbeiwert der Auffüllungen liegt zwischen

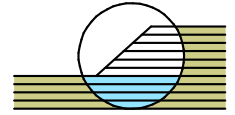
$$k_f = 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ bis } 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

und damit außerhalb bzw. am Rand der technisch sinnvollen Grenze der Versickerung ($k_f \geq 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$).

Grundsätzlich sind die Auffüllungen von der Durchsickerung mit Niederschlagswasser auszu-nehmen, es sei denn, deren Inhaltsstoffe sind wasserwirtschaftlich unbedenklich. Dies muß im Einzelfall überprüft werden und bedarf einer behördlichen Genehmigung.

Die Rißkiese sind vollständig mit Grundwasser gefüllt und bieten keinen Porenraum für die Ver-sickerung.

Aus hiesiger Sicht wird empfohlen, die Durchsickerung der Auffüllungen zu vermeiden.



7 Geotechnische Beurteilung

Die geplante Heizzentrale liegt an einer Hangkante. Die Umrisse sind im geotechnischen Schnitt in Anlage 2.1 angedeutet. Die Fußbodenhöhe befindet sich auf 657,80 m NHN. Das Gebäude wird auf drei Seiten bis zur Höhe des Parkplatzes abgedeckt, die Talseite bleibt offen. Der Abstand zu der historischen Bebauung „Altes Haus“ beträgt ca. 12 m.

7.1 Gründung

Die planmäßige Baugrubensohle (ca. 657,25 m NHN) liegt teils in kiesigen, teils in wenig tragfähigen bindigen Auffüllungen, teils auch in den Rißkiesen.

Es wird eine Flachgründung auf einer Stahlbeton-Bodenplatte mit einem Bodenersatz der bindigen Auffüllungen vorgeschlagen. Die Bodenersatztiefe beträgt lokal bis zu etwa 1,0 m und wird vor Ort, während des Baugrubenaushubs, vom Unterzeichner geprüft. Die Verdichtung des Bodenersatzes aus Frostschutzkies ist mit statischen Lastplattenversuchen zu kontrollieren ($E_{v2} > 100 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,7$).

Für die Bemessung der Bodenplatte ist der folgende Bettungsmodul in Ansatz zu bringen:

$$k_s = 40 - 60 \text{ MN/m}^3$$

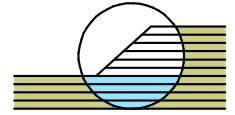
Die Bemessung von Laststreifen innerhalb der Bodenplatte kann nach den Bemessungsdiagrammen in den Anlagen 5.1 (Einzelfundamente) und 5.2 (Streifenfundamente) vorgenommen werden. Der aufnehmbare, charakteristische Sohldruck liegt entsprechend der hohen Tragfähigkeit der Rißkiese und des Sandsteins zwischen 300 und 400 kN/m². Die zugehörigen rechnerischen Setzungen liegen im mm-Bereich.

7.2 Bauwerksabdichtung

Der als höchstinzuschätzende Grundwasserspiegel wurde auf die Kote 657,70 m NHN gelegt und liegt damit nur 10 cm unter der planmäßigen EFH der Heizzentrale.

Es wird empfohlen, die Bodenplatte aus rissesicherem Stahlbeton herzustellen und das Gebäude mit einer Ring- und Flächendränage nach den Richtlinien der DIN 4095 trocken zu legen.

Die technische Ausführung der Abdichtung mit Dränung ist nach Bild 1b der DIN auszuführen und entspricht dem Lastfall DIN 18195-6 (Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser).



7.3 Baugrubensicherung, Wasserhaltung

Die rd. 7 m tiefe Baugrube muß mit einem senkrechten Baugrubenverbau gesichert werden.

Die Sicherung erstreckt sich über 3 Seiten, die 4. Seite liegt an der Hangkante und bleibt deshalb offen.

Der Abstand zur historischen Bebauung („Altes Haus“) beträgt ca. 12 m. Es wird davon ausgegangen, daß die Bestandsfundamente auf einem Niveau weit über der geplanten Baugrubensohle liegen.

Entlang des historischen Gebäudes wird die tangierende Pfahlwand mit Pfahl-Ø 88 cm zur Baugrubensicherung vorgeschlagen. Vorbehaltlich der Statik ist mindestens 1 Ankerlage erforderlich.

Die Grenzlast der Anker ist für 6 m lange Verpreßkörper in folgender Größe einzuschätzen:

Auffüllungen: $A_{\text{grenz}} = 300 - 400 \text{ kN}$

Rißkiese: $A_{\text{grenz}} = 800 - 1.000 \text{ kN}$

Die Trägerbohlwand gilt als nachgiebiger Verbau und wird deshalb nicht zur Ausführung vorgeschlagen. Zudem ist das Einziehen der waagerechten Holzbohlen zwischen den vorgebohrten Stahlträgern in den kiesigen Auffüllungen mit dem Risiko von Wandausbrüchen verbunden.

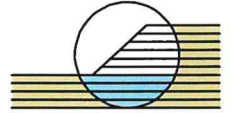
Rißkiese und Sandstein sind für eine Spundwand nicht rammbaar; es müßten überschnittene Austauschbohrungen vorher durchgeführt werden.

Die vernagelte, unter 60 – 70 ° geneigte Spritzbetonschale ist mit größeren, entsorgungspflichtigen Aushubmassen verbunden. Zudem stellt sie in den anstehenden Auffüllungen keinen verformungsarmen Verbau dar.

Aus Sicht des Unterzeichners ist die dreiseitige, tangierende Bohrpfahlwand mit Rückverankerung zu empfehlen.

Bei den aktuell im Februar 2020 festgestellten Grundwasserständen ist keine Grundwasserentnahme in der Baugrube erforderlich. Es ist jedoch davon auszugehen, daß neben den Niederschlägen auch hängendes Sickerwasser aus höheren Auffüllschichten beseitigt werden muß.

Für den Fall, daß der Baugrubenaushub in eine niederschlagsreiche Zeit fällt und der Wasserspiegel über die Baugrubensohle tritt, ist eine offene Wasserhaltung mit Pumpensumpf in der Baugrube zu betreiben. Die Wassermengen werden als gering eingeschätzt ($\ll 1,0 \text{ l/s}$).



8 Planungs- und baubegleitende Empfehlungen

Die umliegenden Gebäude sind einer Beweissicherung zu unterziehen.

Die Baugrubensicherung bedarf einer statisch-konstruktiven Planung und Bearbeitung.

Die Bohrpfähle erreichen das Grundwasser, so daß eine behördliche Genehmigung zu beantragen ist.

Für den Fall, daß die Baugrube bei höherem Grundwasserstand ins Wasser eintaucht, ist vorsorglich eine wasserrechtliche Genehmigung zur Entnahme und Ableitung des Baugrubenwassers zu beantragen.

Der Baugrubenaushub bedarf aller Voraussicht nach einer Haufwerksbeprobung in einem Zwischenlager.

Die Gründungssohle wird vom Unterzeichner auf Tragfähigkeit und hinsichtlich der Bodenersatztiefe kontrolliert.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'U' followed by a horizontal line and a small flourish.

Dr.-Ing. G. Ulrich
Geotechnik GmbH

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

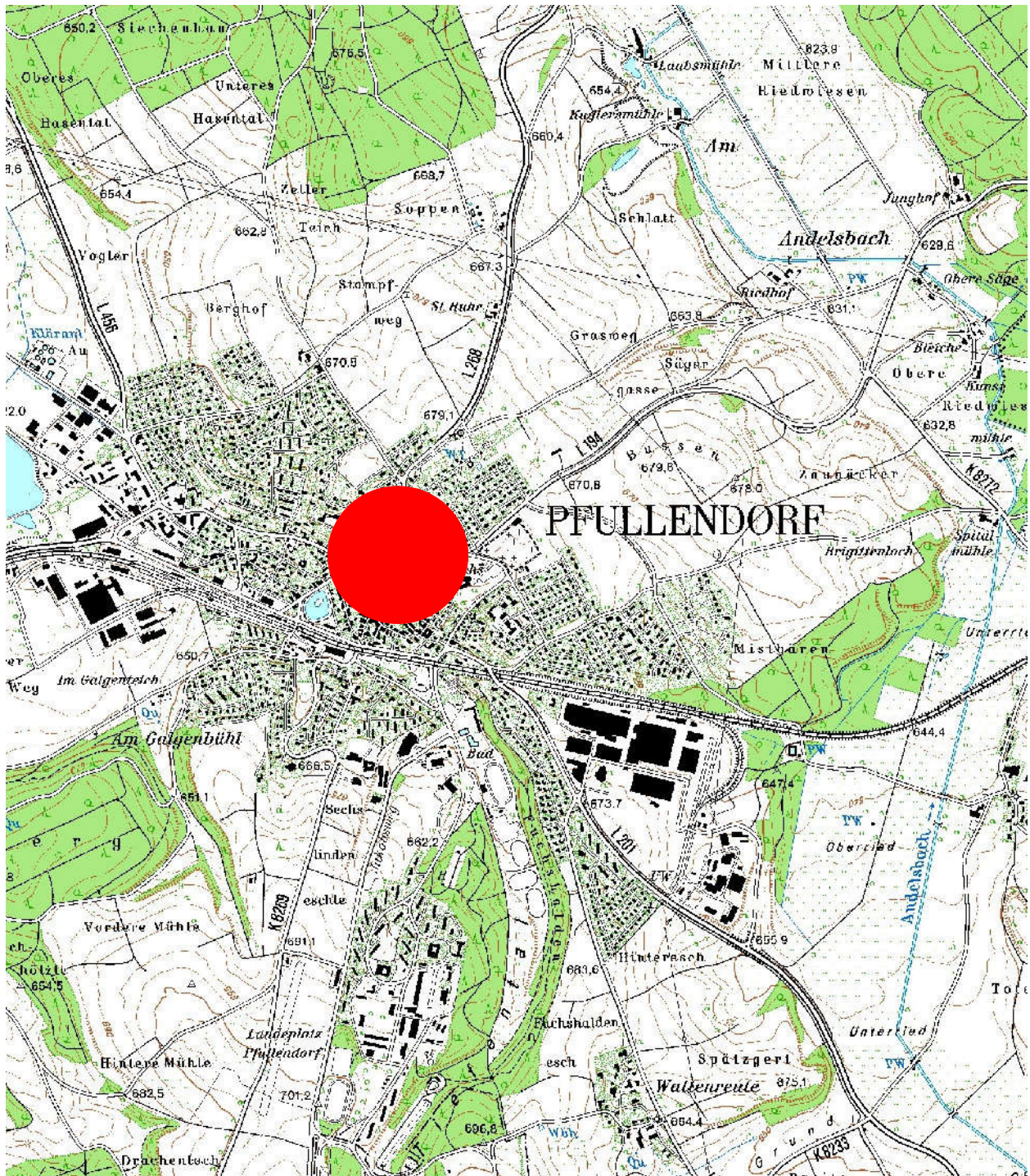
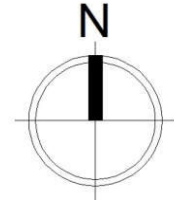
Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Übersichtslageplan M1:25000

AZ
2001018GEO

Gezeichnet
CK

Anlage Nr.
1.1

Sachbearbeiter
UL

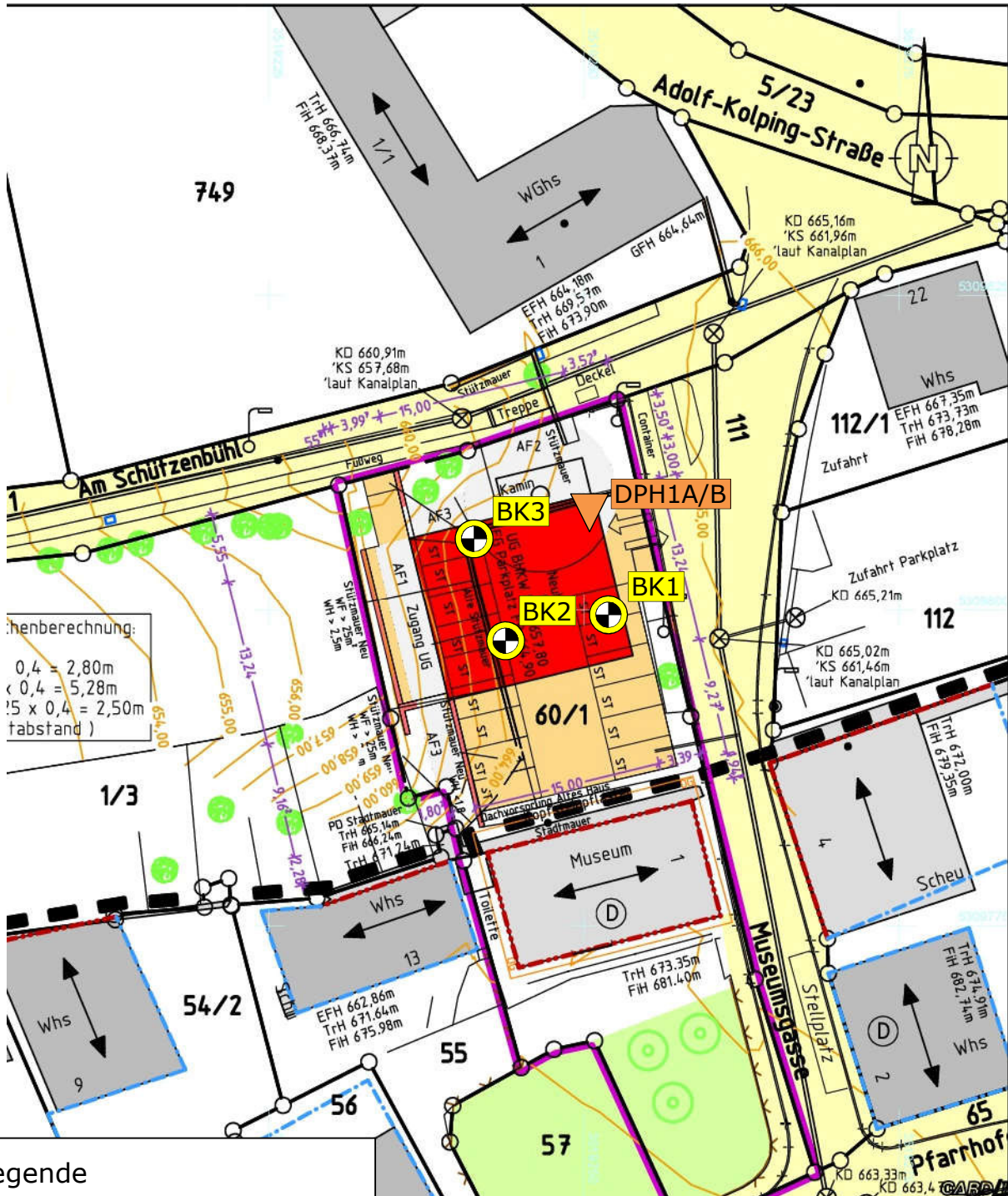
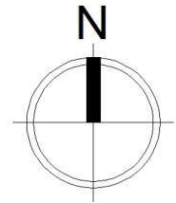


Dr.-Ing. Georg Ulrich
 Geotechnik GmbH
 Baugrundlabor
 Leutkirch



Heizzentrale Museumsgasse
 Pfullendorf
 Lageplan M 1:500

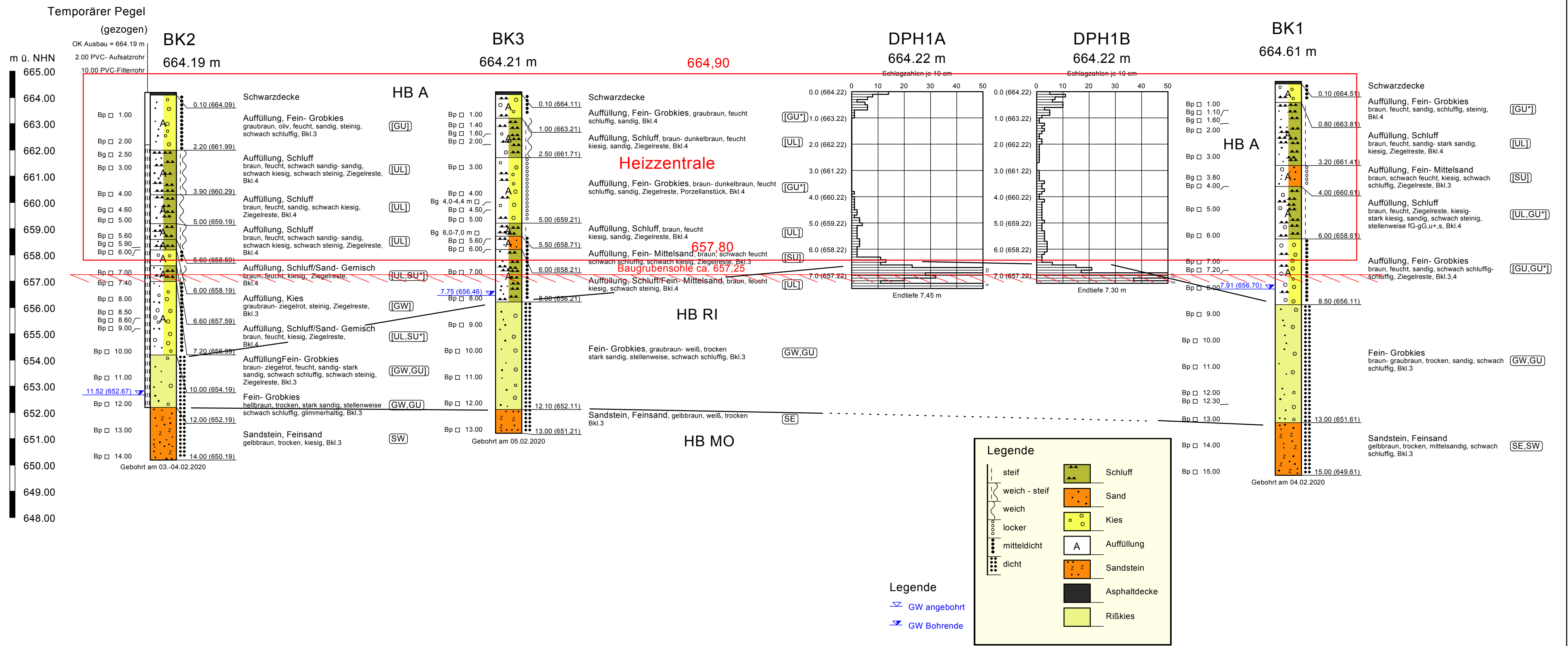
AZ
 2001018GEO
 Anlage Nr.
 1.2

Gezeichnet
 CK/ZM
 Sachbearbeiter
 UL



Rechenberechnung:
 $0,4 = 2,80\text{m}$
 $0,4 = 5,28\text{m}$
 $15 \times 0,4 = 2,50\text{m}$
 (Abstand)

- Legende**
-  **BK** Rotosonicbohrung
 -  **DP** Rammsondierung





Laboratoriumsbefund Nr.:

AZ 2001018GEO

Bestimmung des Wassergehaltes DIN 18 121

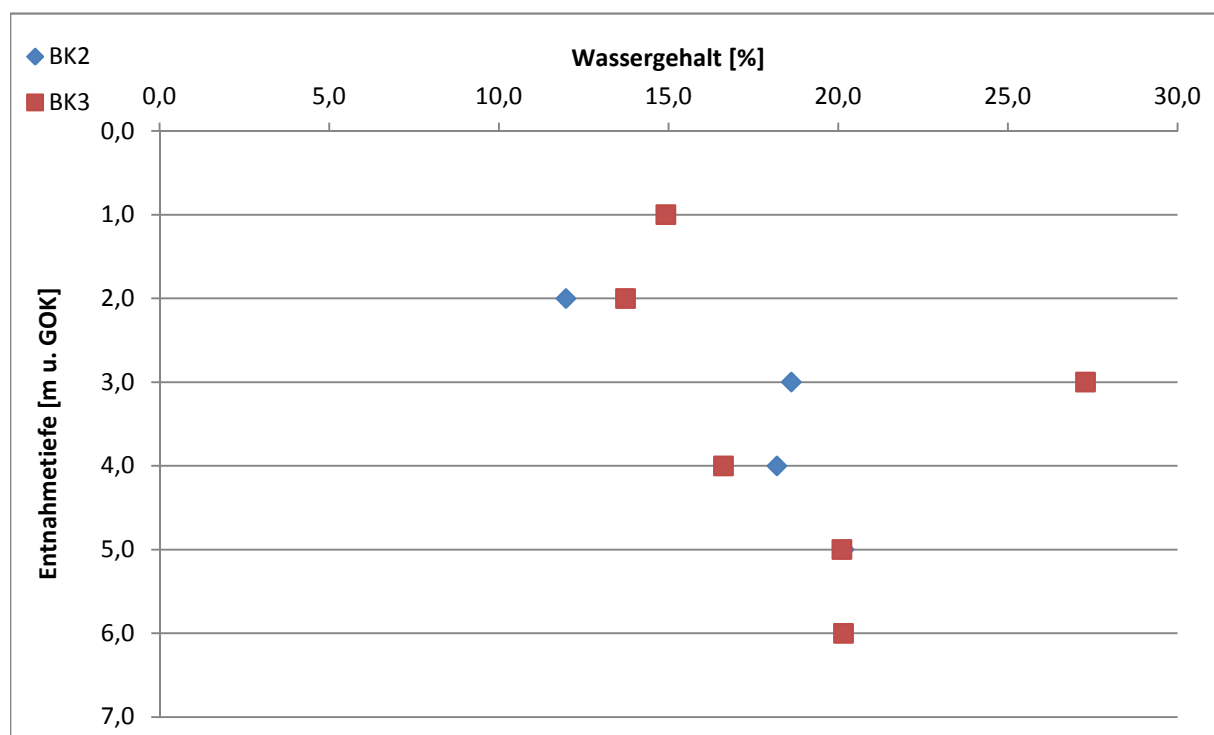
Projekt: Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf

Entnahmedatum: 03.-05.02.2020

Sachbearbeiter: Kü/ZM

Bearbeitungsdatum: 10.02.2020

Entnahme- stelle	Entnahme- tiefe [m]	Wasser- gehalt [%]	Bodenart	geologische Zuordnung
BK2	2,0	12,0	A,f-gG,s,x,u'	Auffüllung
BK2	3,0	18,6	A,U,s'-s,g',x'	Auffüllung
BK2	4,0	18,2	A,U,s,g'	Auffüllung
BK2	5,0	20,2	A,U,s,g'	Auffüllung
BK3	1,0	14,9	A,f-gG,u,s	Auffüllung
BK3	2,0	13,7	A,U,g,s	Auffüllung
BK3	3,0	27,3	A,f-gG,u,s	Auffüllung
BK3	4,0	16,6	A,f-gG,u,s	Auffüllung
BK3	5,0	20,1	A,f-gG,u,s	Auffüllung
BK3	6,0	20,2	A,f-mS,u',g'	Auffüllung



Dr.-Ing. Georg Ulrich Geotechnik GmbH

Baustoff- und Bodenprüfstelle

Zum Brunnentobel 6

88299 Leutkirch

Bearbeiter: Kü/ZM

Datum: 07.-10.02.2020

Körnungslinie DIN 18 123

Heizzentrale Museumsgasse

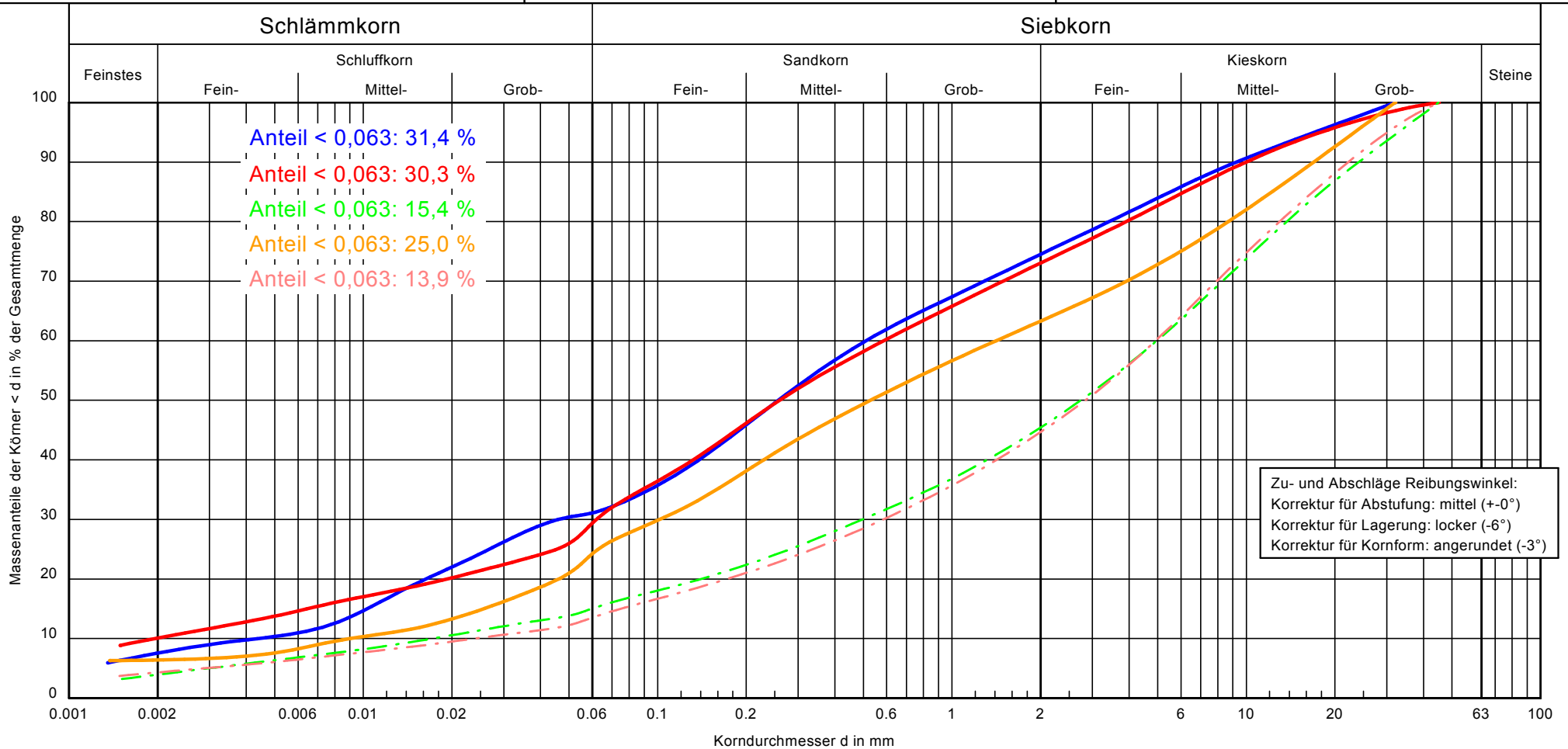
Pfullendorf

Prüfungsnummer: 2001018-KVS1-5

Probe entnommen am: 03.-05.02.2020

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-, Schlämmanalyse



Labornummer	KGV01	KGV02	KGV03	KGV04	KGV04
Entnahmestelle	BK1	BK2	BK2	BK3	BK3
Tiefe	3,0-4,0 m	3,0-4,0 m	10,0-11,0 m	5,0-5,5 m	8,0-9,0 m
Bodenart	S, q, u, t'	S, q, u, t'	G, s, u'	S, q, u, t'	G, s, u'
U/Cc	116,7/0,9	297,8/3,3	288,4/2,9	156,9/0,8	205,9/2,9
k-Wert / Mallet/Paquant	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$
Bodengruppe	SU*	SU*	GU*	SU*	GU
Reibungswinkel	25,6	25,1		26,7	
Kornkennzahl	1243	1243	0135	1244	0136

Bemerkungen:
 Auffüllung
 Auffüllung
 Rißkiese
 Auffüllung
 Rißkiese

AZ:
 2001018GEO
 Anlage:
 3.2

Dr.-Ing. Georg Ulrich Geotechnik GmbH

Baustoff- und Bodenprüfstelle

Zum Brunnentobel 6

88299 Leutkirch

Bearbeiter: Kü/ZM

Datum: 07.-10.02.2020

Körnungslinie DIN 18 123

Heizzentrale Museumsgasse

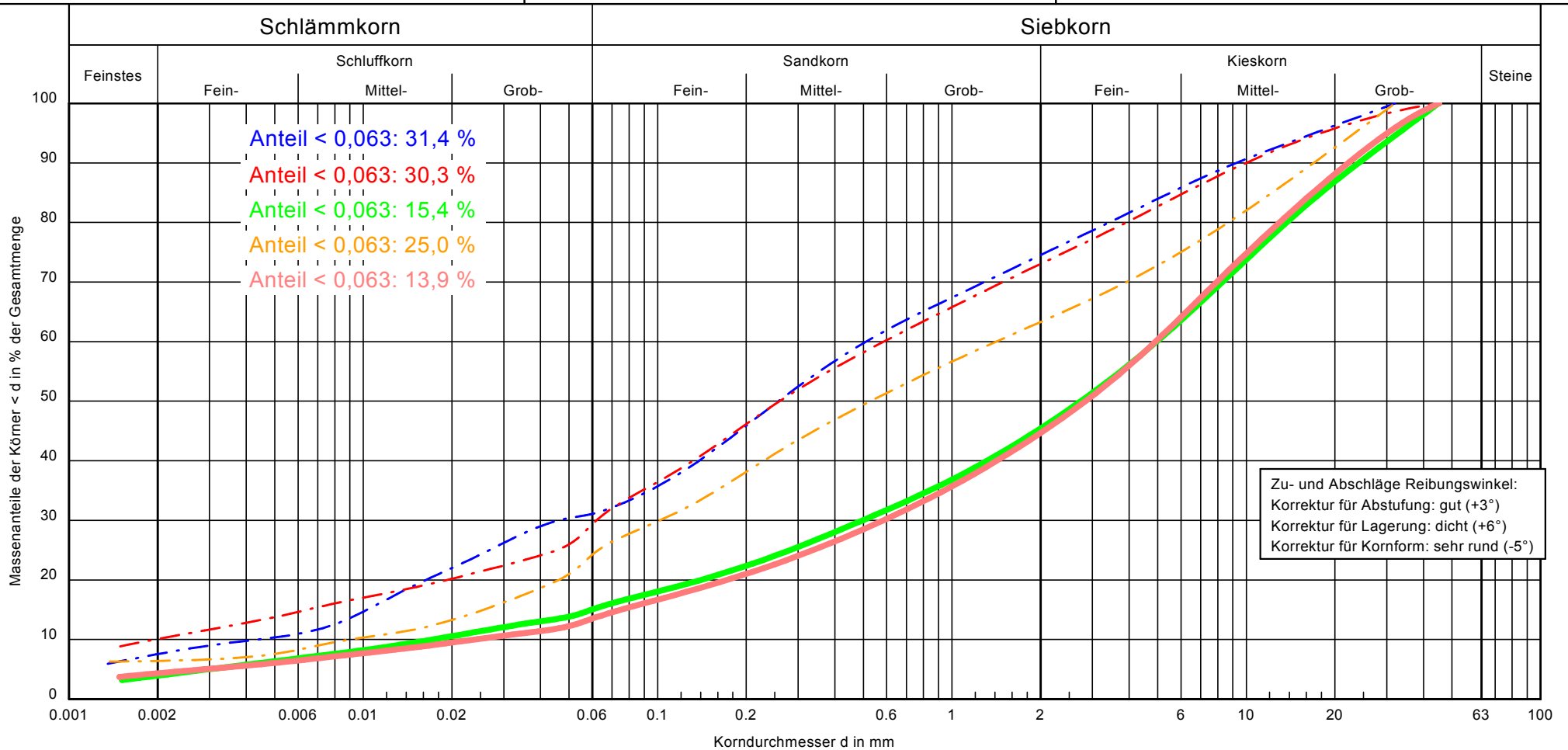
Pfullendorf

Prüfungsnummer: 2001018-KVS1-5

Probe entnommen am: 03.-05.02.2020

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-, Schlämmanalyse



Labornummer	KGV01	KGV02	KGV03	KGV04	KGV04
Entnahmestelle	BK1	BK2	BK2	BK3	BK3
Tiefe	3,0-4,0 m	3,0-4,0 m	10,0-11,0 m	5,0-5,5 m	8,0-9,0 m
Bodenart	S, q, u, t'	S, q, u, t'	G, s, u'	S, q, u, t'	G, s, u'
U/Cc	116,7/0,9	297,8/3,3	288,4/2,9	156,9/0,8	205,9/2,9
k-Wert / Mallet/Paquant	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$
Bodengruppe	SU*	SU*	GU*	SU*	GU
Reibungswinkel			41,2		41,3
Kornkennzahl	1243	1243	0135	1244	0136

Bemerkungen:

Auffüllung

Auffüllung

Ri&skiese

Auffüllung

Ri&skiese

AZ:
2001018GEO
Anlage:
3.3



Laboratoriumsbefund Nr.

AZ 2001018GEO

Bestimmung der Wichte nach DIN 18125

Projekt: Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf

Entnahmestelle: **BK2, BK3**

Datum: 07.-10.02.2020

Sachbearbeiter: Kü/ZM

Entnahmestelle		BK2	BK3
Tiefe	m	5,0 m	3,0 m
Bodenart		bindige Auffüllung	kiesige Auffüllung
nat. Wassergehalt	%	20,2	27,3
Feuchtraumwichte	kN/m ³	22,24	19,87
Trockenraumwichte	kN/m ³	18,51	15,61
Auftriebsraumwichte	kN/m ³	11,60	9,79
Kornwichte ¹	kN/m ³	26,8	26,8
Porenanteil	n	0,310	0,417
Sättigungszahl	%	120,8	102,1

1: Korndichte laut Angaben Fachliteratur!

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Fotodokumentation

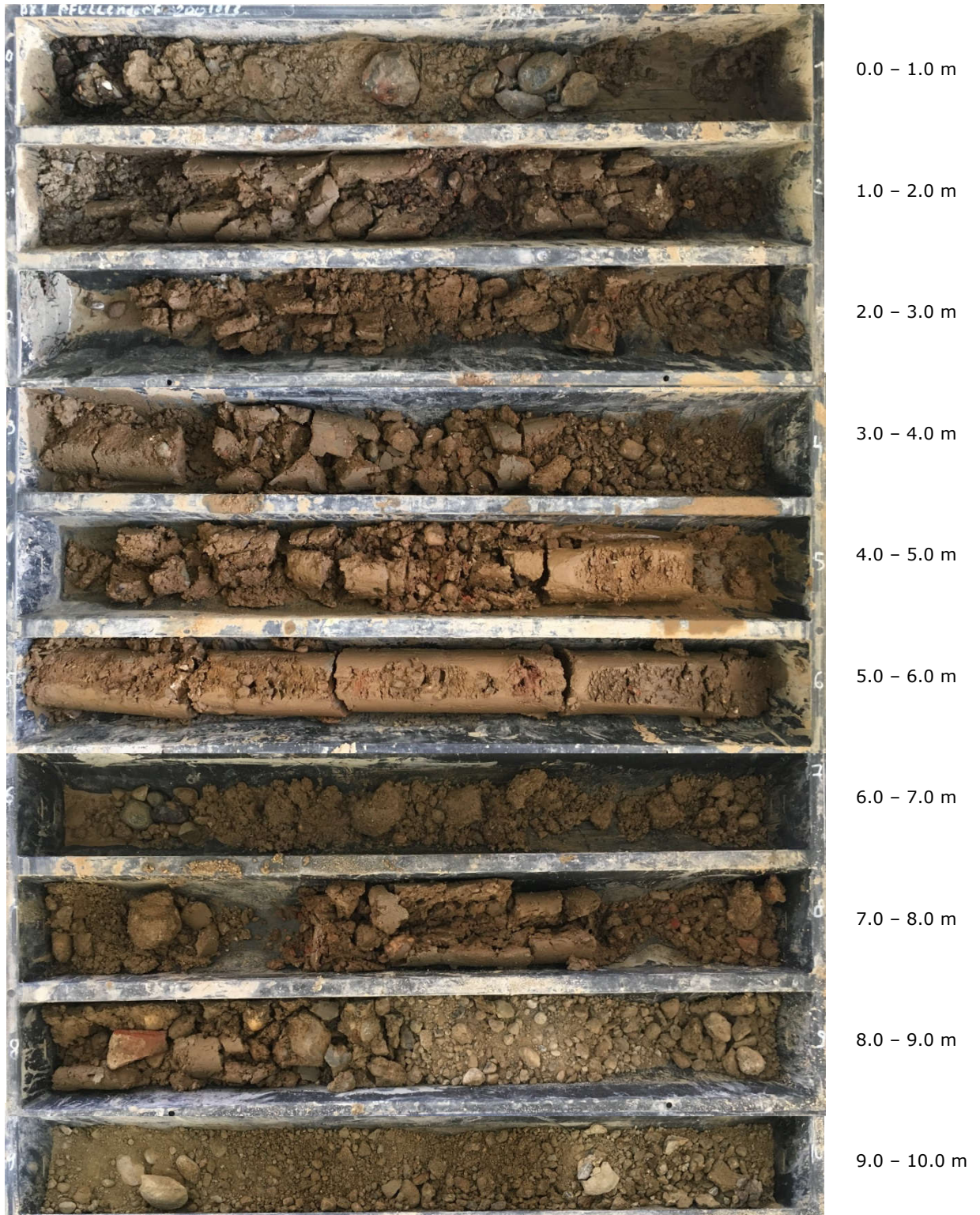
AZ
2001018GEO

Gezeichnet
ZM

Anlage Nr.
4.1

Sachbearbeiter
UI

BK1: 0.0 – 10.0 m



Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Fotodokumentation

AZ
2001018GEO

Gezeichnet
ZM

Anlage Nr.
4.2

Sachbearbeiter
UI

BK1: 10.0 – 15.0 m



10.0 – 11.0 m

11.0 – 12.0 m

12.0 – 13.0 m

13.0 – 14.0 m

14.0 – 15.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Fotodokumentation

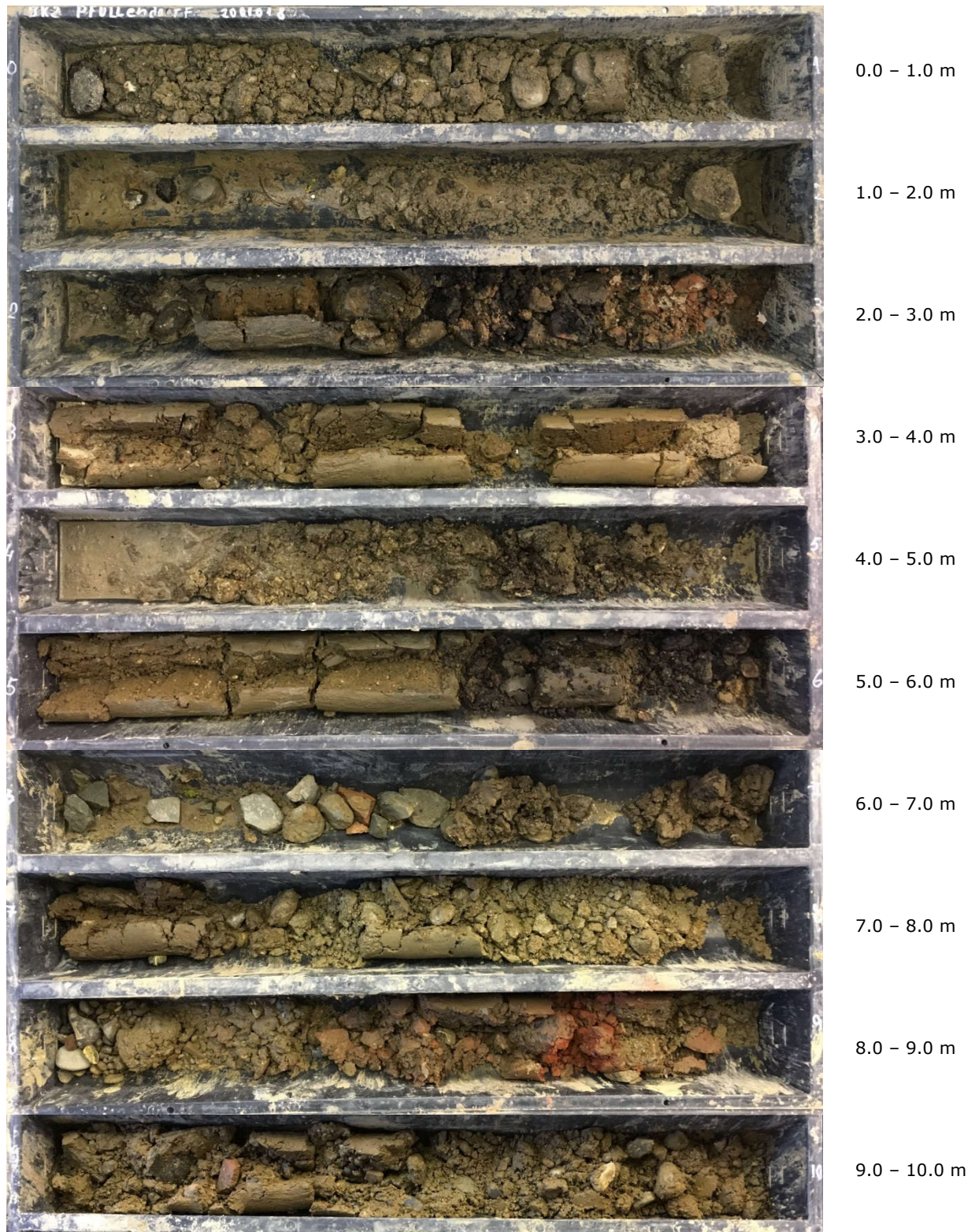
AZ
2001018GEO

Gezeichnet
ZM

Anlage Nr.
4.3

Sachbearbeiter
UI

BK2: 0.0 – 10.0 m



Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Fotodokumentation

AZ
2001018GEO

Gezeichnet
ZM

Anlage Nr.
4.4

Sachbearbeiter
UI

BK2: 10.0 – 14.0 m



10.0 – 11.0 m

11.0 – 12.0 m

12.0 – 13.0 m

13.0 – 14.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Fotodokumentation

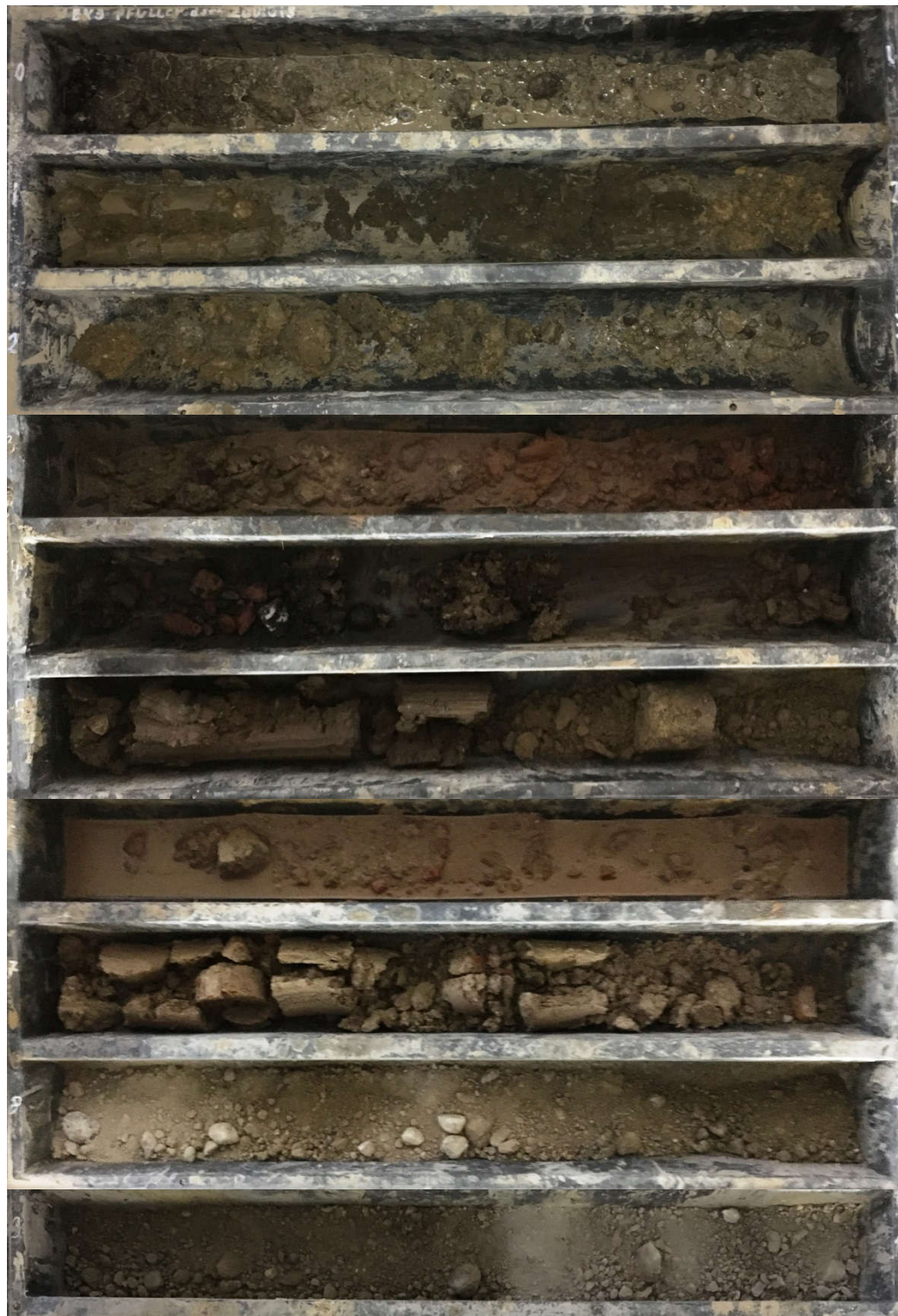
AZ
2001018GEO

Gezeichnet
ZM

Anlage Nr.
4.5

Sachbearbeiter
UI

BK3: 0.0 – 10.0 m



0.0 – 1.0 m

1.0 – 2.0 m

2.0 – 3.0 m

3.0 – 4.0 m

4.0 – 5.0 m

5.0 – 6.0 m

6.0 – 7.0 m

7.0 – 8.0 m

8.0 – 9.0 m

9.0 – 10.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Heizzentrale Museumsgasse
Pfullendorf
Fotodokumentation

AZ
2001018GEO

Gezeichnet
ZM

Anlage Nr.
4.6

Sachbearbeiter
UI





BK3: 10.0 – 13.0 m



0.0 – 1.0 m

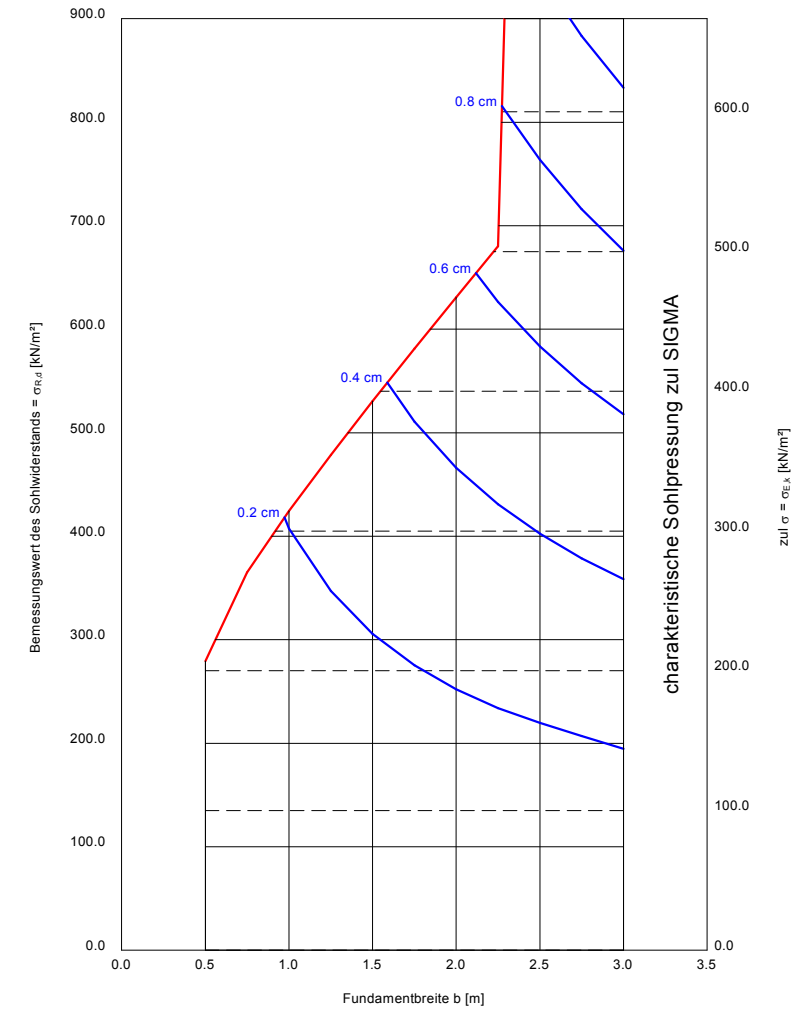
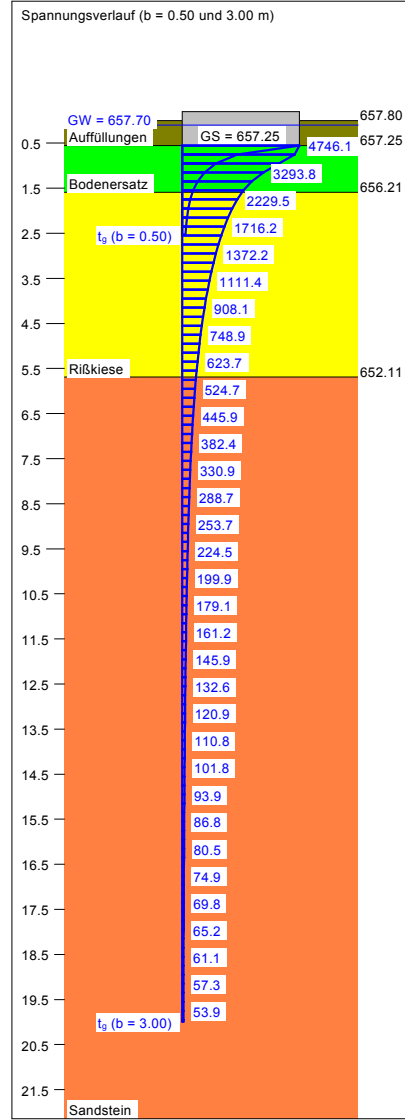
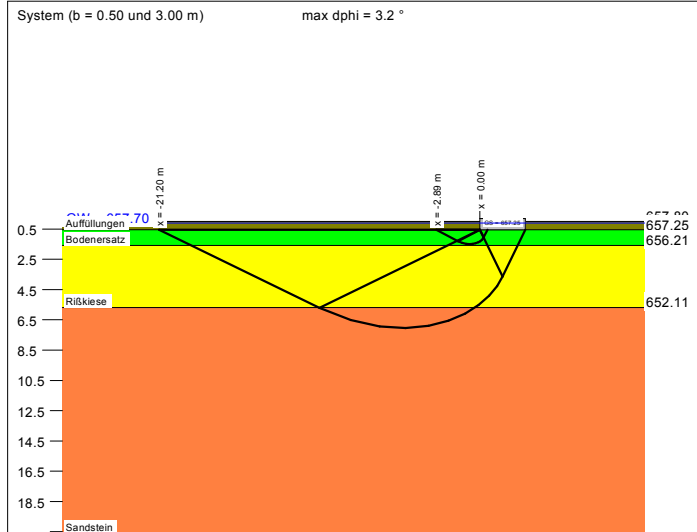
1.0 – 2.0 m

2.0 – 3.0 m

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	κ [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	25.0	0.0	12.0	0.00	1.000	Auffüllungen
	20.0	10.0	35.0	0.0	90.0	0.00	1.000	Bodenersatz
	21.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	1.000	Rißkiese
	24.0	14.0	40.0	200.0	300.0	0.00	1.000	Sandstein





Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.350$

Oberkante Gelände = 657.80 m
 Gründungssohle = 657.25 m
 Grundwasser = 657.70 m
 Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 ———— Sohldruck
 ———— Setzungen



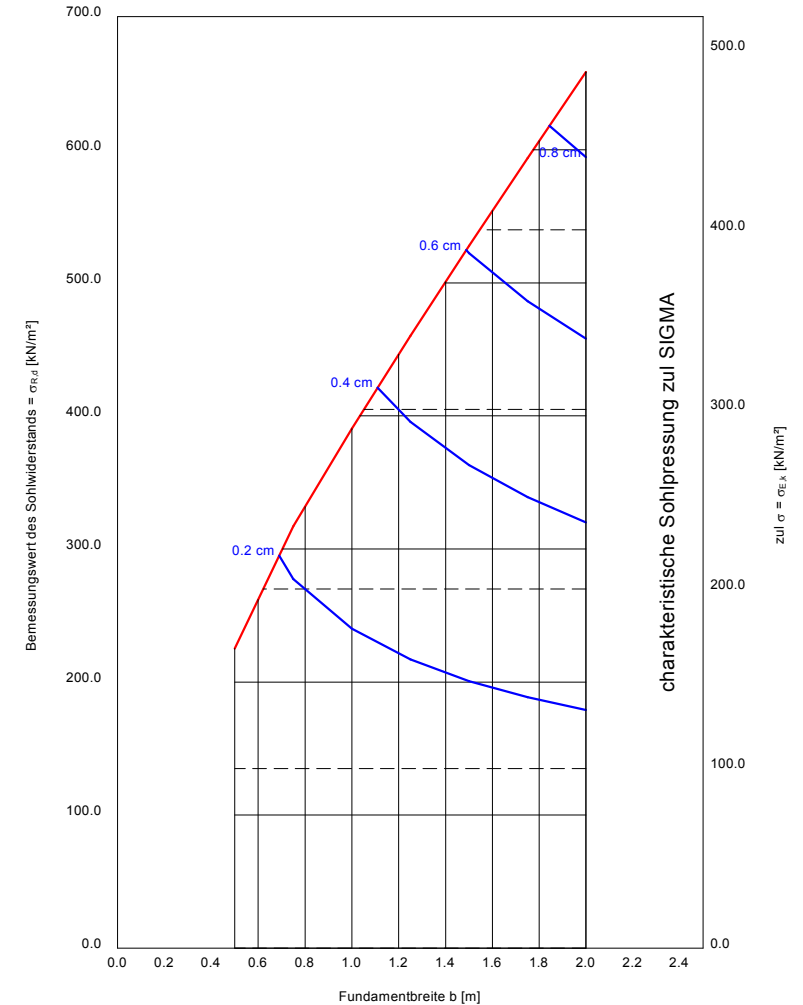
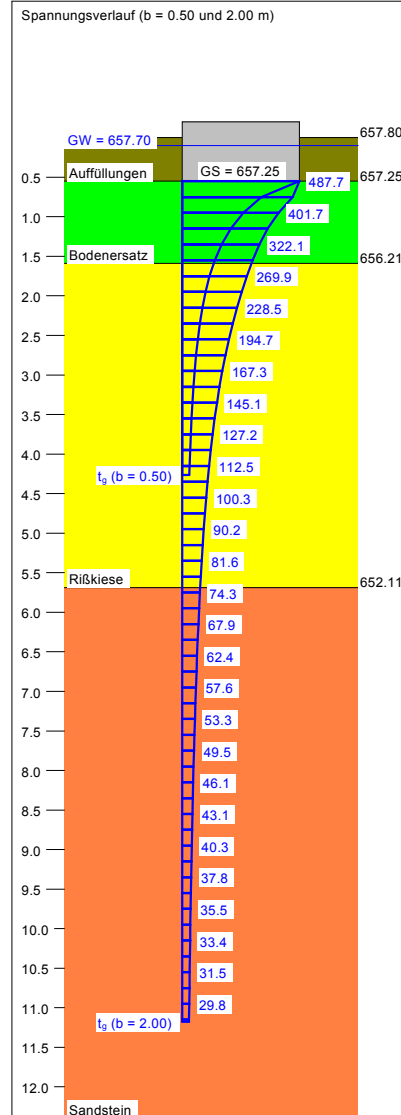
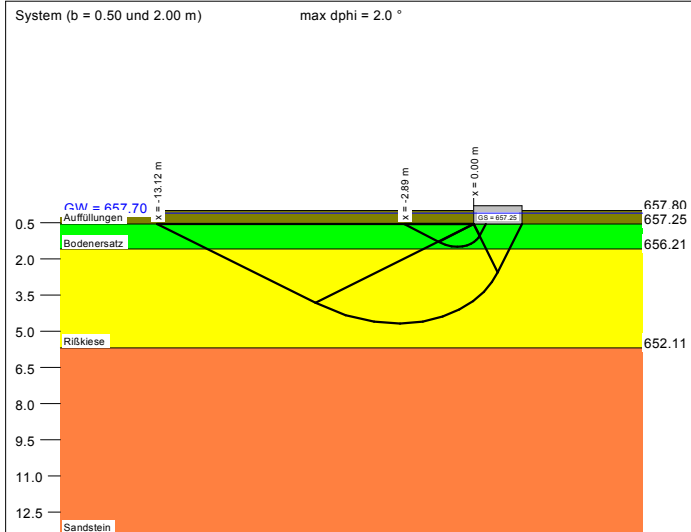
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	R _{n,d} [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
0.50	0.50	279.2	69.8	206.8	0.07 *	35.0	0.00	10.00	5.95	2.53	1.50
0.75	0.75	365.1	205.3	270.4	0.14 *	36.2	0.00	10.16	5.95	3.46	2.05
1.00	1.00	424.4	424.4	314.4	0.21 *	36.5	0.00	10.33	5.95	4.31	2.57
1.25	1.25	478.6	747.8	354.5	0.29 *	36.7	0.00	10.45	5.95	5.12	3.10
1.50	1.50	530.5	1193.6	393.0	0.37 *	36.9	0.00	10.53	5.95	5.90	3.63
1.75	1.75	581.1	1779.6	430.4	0.46 *	37.0	0.00	10.59	5.95	6.63	4.15
2.00	2.00	630.9	2523.4	467.3	0.55 *	37.0	0.00	10.64	5.95	7.34	4.68
2.25	2.25	680.1	3442.9	503.8	0.66 *	37.1	0.00	10.67	5.95	8.05	5.21
2.50	2.50	729.3	4500.0	540.3	0.77 *	37.2	0.00	10.70	5.95	8.76	5.74
2.75	2.75	778.5	5640.0	576.8	0.88 *	37.3	0.00	10.73	5.95	9.47	6.27
3.00	3.00	827.7	6840.0	613.3	1.00 *	37.4	0.00	10.76	5.95	10.18	6.80

* Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,d} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,d} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,d} / 1.89$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.00

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	ν [-]	κ [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	25.0	0.0	12.0	0.00	1.000	Auffüllungen
	20.0	10.0	35.0	0.0	90.0	0.00	1.000	Bodenersatz
	21.0	11.0	37.5	0.0	150.0	0.00	1.000	Rißkiese
	24.0	14.0	40.0	200.0	300.0	0.00	1.000	Sandstein

Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.350$

Oberkante Gelände = 657.80 m
 Gründungssohle = 657.25 m
 Grundwasser = 657.70 m
 Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt
 — Sohldruck
 — Setzungen



a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal φ	cal c	γ_2	σ_0	t_g	UK LS
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[m]
10.00	0.50	225.1	112.6	166.8	0.12 *	35.0	0.00	10.00	5.95	4.26	1.50
10.00	0.75	317.1	237.8	234.9	0.23 *	36.2	0.00	10.16	5.95	5.84	2.05
10.00	1.00	390.6	390.6	289.3	0.35 *	36.5	0.00	10.33	5.95	7.05	2.57
10.00	1.25	460.3	575.4	341.0	0.47 *	36.7	0.00	10.45	5.95	8.18	3.10
10.00	1.50	527.9	791.9	391.0	0.61 *	36.9	0.00	10.53	5.95	9.23	3.63
10.00	1.75	593.9	1039.3	439.9	0.75 *	37.0	0.00	10.59	5.95	10.23	4.15
10.00	2.00	658.4	1316.8	487.7	0.89 *	37.0	0.00	10.64	5.95	11.18	4.68

* Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{d,k} / 1.89$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.00



Abfalltechnische Untersuchung

Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf

Bewertung der Feststoff-Untersuchungen nach VwV Boden Tab. 6-1

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte								MP1	parameterbezogene Einstufung
		Z 0 Sand	Z 0 Lehm/Schluff	Z 0 Ton	Z 0* III A	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2		
TS	Gew. %	-								84,7	
Arsen	mg/kg	10	15	20	15/20 ³		45	150	8,5	Z 0	
Blei	mg/kg	40	70	100	100	140	210	700	30	Z 0	
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1,5	1		3	10	< 0,2	Z 0	
Chrom (ges.)	mg/kg	30	60	100	100	120	180	600	27	Z 0	
Kupfer	mg/kg	20	40	60	60	80	120	400	20	Z 0	
Nickel	mg/kg	15	50	70	70	100	150	500	27	Z 0	
Quecksilber	mg/kg	0,1	0,5	1	1		1,5	5	0,11	Z 0	
Thallium	mg/kg	0,4	0,7	1	0,7		2,1	7	< 0,2	Z 0	
Zink	mg/kg	60	150	200	200	300	450	1.500	52	Z 0	
EOX	mg/kg	1	1	1	1		3	10	< 1,0	Z 0	
KW ⁴	mg/kg	100	100	100	100	200	300	1.000	< 40	Z 0	
						(400)	(600)	(2.000)			
Cyanide ges.	mg/kg	-	-	-	-	-	3	10	< 0,5	Z 0	
PCB ₆	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,5	n.b.	Z 0	
BTEX	mg/kg	1	1	1	1		1	1	n.b.	Z 0	
LHKW	mg/kg	1	1	1	1		1	1	n.b.	Z 0	
PAK ₁₆	mg/kg	3	3	3	3		3	9	30	n.b.	Z 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	3	< 0,05	Z 0	
Einstufung nach VwV Boden Tab. 6-1 (Feststoff)										Z 0	

n.b.: nicht berechenbar, da zur Summenbildung nur Werte > Bestimmungsgrenze verwendet werden

³ Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt 20 mg/kg.

⁴ Die angegebenen Zuordnungswerte ohne Klammer gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C22, diejenigen in der Klammer für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C 40.



Abfalltechnische Untersuchung

Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf

Bewertung der S4-Eluat-Untersuchungen nach VwV Boden Tab. 6-1

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte								MP1	parameterbezogene Einstufung
		Z 0 Sand	Z 0 Lehm/Schluff	Z 0 Ton	Z 0* III A	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2		
pH-Wert ¹	-	6,5 - 9,5						6 - 12	5,5 - 12	8,7	Z 0
Leitfähigkeit ¹	µS/cm	250						1.500	2.000	216	Z 0
Arsen	µg/l	-	-	-	14	20	60	4	Z 0		
Blei	µg/l	-	-	-	40	80	200	2	Z 0		
Cadmium	µg/l	-	-	-	1,5	3	6	< 0,3	Z 0		
Chrom (ges.)	µg/l	-	-	-	12,5	25	60	< 1	Z 0		
Kupfer	µg/l	-	-	-	20	60	100	< 5	Z 0		
Nickel	µg/l	-	-	-	15	20	70	< 1	Z 0		
Quecksilber	µg/l	-	-	-	0,5	1	2	< 0,2	Z 0		
Zink	µg/l	-	-	-	150	200	600	< 10	Z 0		
Phenolindex	µg/l	20						40	100	< 10	Z 0
Cyanide ges.	µg/l	5						10	20	< 5	Z 0
Chlorid	mg/l	30						50	100	32	Z 1.2
Sulfat ²	mg/l	50						100	150	3,6	Z 0
Einstufung nach VwV Boden Tab. 6-1 (Eluat)										Z 1.2	

¹ Eine Überschreitung dieser Parameter allein ist kein Ausschlusskriterium.

² Auf die Öffnungsklausel in Nr. 6.3 wird besonders hingewiesen. Bei großflächigen Verwertungen von Bodenmaterialien mit mehr als 20 mg/l Sulfat im Eluat sind in Gebieten ohne geogen erhöhte Sulfatgehalte im Grundwasser grundwassereinzugsbezogene Frachtbetrachtungen anzustellen.



Abfalltechnische Untersuchung

Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf

Bewertung der Feststoff-Untersuchungen nach VwV Boden Tab. 6-1

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte							MP2	parameterbezogene Einstufung	
		Z 0 Sand	Z 0 Lehm/Schluff	Z 0 Ton	Z 0* III A	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2			Z 2
TS	Gew. %	-							85,8		
Arsen	mg/kg	10	15	20	15/20 ³		45	150	7,4	Z 0	
Blei	mg/kg	40	70	100	100	140	210	700	109	Z 0* III A	
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1,5	1		3	10	< 0,2	Z 0	
Chrom (ges.)	mg/kg	30	60	100	100	120	180	600	27	Z 0	
Kupfer	mg/kg	20	40	60	60	80	120	400	23	Z 0	
Nickel	mg/kg	15	50	70	70	100	150	500	21	Z 0	
Quecksilber	mg/kg	0,1	0,5	1	1		1,5	5	0,28	Z 0	
Thallium	mg/kg	0,4	0,7	1	0,7		2,1	7	< 0,2	Z 0	
Zink	mg/kg	60	150	200	200	300	450	1.500	54	Z 0	
EOX	mg/kg	1	1	1	1		3	10	< 1,0	Z 0	
KW ⁴	mg/kg	100	100	100	100	200	300	1.000	< 40	Z 0	
						(400)	(600)	(2.000)			
Cyanide ges.	mg/kg	-	-	-	-	-	3	10	< 0,5	Z 0	
PCB ₆	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,5	n.b.	Z 0	
BTEX	mg/kg	1	1	1	1		1	1	n.b.	Z 0	
LHKW	mg/kg	1	1	1	1		1	1	n.b.	Z 0	
PAK ₁₆	mg/kg	3	3	3	3		3	9	30	0,54	Z 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9		3	< 0,05	Z 0
Einstufung nach VwV Boden Tab. 6-1 (Feststoff)										Z 0* III A	

n.b.: nicht berechenbar, da zur Summenbildung nur Werte > Bestimmungsgrenze verwendet werden

³ Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt 20 mg/kg.

⁴ Die angegebenen Zuordnungswerte ohne Klammer gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C22, diejenigen in der Klammer für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C 40.



Abfalltechnische Untersuchung

Heizzentrale Museumsgasse Pfullendorf

Bewertung der S4-Eluat-Untersuchungen nach VwV Boden Tab. 6-1

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte								MP2	parameterbezogene Einstufung
		Z 0 Sand	Z 0 Lehm/Schluff	Z 0 Ton	Z 0* III A	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2		
pH-Wert ¹	-	6,5 - 9,5						6 - 12	5,5 - 12	8,6	Z 0
Leitfähigkeit ¹	µS/cm	250						1.500	2.000	260	Z 1.2
Arsen	µg/l	-	-	-	14	20	60	7	Z 0		
Blei	µg/l	-	-	-	40	80	200	< 1	Z 0		
Cadmium	µg/l	-	-	-	1,5	3	6	< 0,3	Z 0		
Chrom (ges.)	µg/l	-	-	-	12,5	25	60	< 1	Z 0		
Kupfer	µg/l	-	-	-	20	60	100	< 5	Z 0		
Nickel	µg/l	-	-	-	15	20	70	< 1	Z 0		
Quecksilber	µg/l	-	-	-	0,5	1	2	< 0,2	Z 0		
Zink	µg/l	-	-	-	150	200	600	< 10	Z 0		
Phenolindex	µg/l	20						40	100	< 10	Z 0
Cyanide ges.	µg/l	5						10	20	< 5	Z 0
Chlorid	mg/l	30						50	100	40	Z 1.2
Sulfat ²	mg/l	50						100	150	4,9	Z 0
Einstufung nach VwV Boden Tab. 6-1 (Eluat)										Z 1.2	

¹ Eine Überschreitung dieser Parameter allein ist kein Ausschlusskriterium.

² Auf die Öffnungsklausel in Nr. 6.3 wird besonders hingewiesen. Bei großflächigen Verwertungen von Bodenmaterialien mit mehr als 20 mg/l Sulfat im Eluat sind in Gebieten ohne geogen erhöhte Sulfatgehalte im Grundwasser grundwassereinzugsbezogene Frachtbetrachtungen anzustellen.