



**Gemeinde Ehningen  
z. Hd. Frau Reichert  
Königstraße 29  
71139 Ehningen**

**Baugrunduntersuchung  
Erschließung Leimental/Mahden  
in Ehningen**

**Untersuchungsbericht Nr. 190704  
vom 17. Oktober 2019**

Auftraggeber: Gemeinde Ehningen

Umfang des  
Untersuchungsberichts: 28 Textseiten, 4 Tabellen, 7 Anlagen, 2 Beilagen

Ausfertigung Nr.:



## Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkungen .....	3
2. Lage .....	3
3. Durchgeführte Untersuchungen .....	4
4. Geologische Verhältnisse .....	5
4.1 Lettenkeuper .....	5
4.2 Quartär .....	9
5. Hydrogeologische Verhältnisse.....	11
6. Beurteilung .....	11
6.1 Grundwasser und Grundwasserschutz .....	11
6.2 Beurteilung des Untergrundes .....	13
6.3 Pedologische Verhältnisse .....	14
6.4 Erdbebensicherheit .....	15
6.5 Abfalltechnische Charakterisierung.....	15
7. Empfehlungen .....	16
7.1 Angaben zum Baufeld .....	16
7.2 Leitungsgräben.....	18
7.3 Einrichten der Erschließungsstraßen.....	20
7.4 Angaben zur Bebauung .....	21
7.5 Behandlung des Tagwassers.....	24
7.6 Wiederverwendung der Aushubmassen .....	24
8. Zusammenfassung .....	25
9. Schlussbemerkung.....	28

Tabellenanhang: 4 Tabellen

Anlagen:

Anlage 1: Übersichtsplan

Anlage 2: Lageplan

Anlage 3: Ergebnisse der Bohrungen

Anlage 4: Bodenkennwerte, Homogenbereiche

Anlage 5: Geologische Schnitte

Anlage 6: Grundwassergleichenplan

Anlage 7: Fotodokumentation

Beilage 1: Laborberichte bodenmechanische Laboruntersuchungen

Beilage 2: Laborberichte chemische Laboruntersuchungen



## 1. Vorbemerkungen

Die Gemeinde Ehningen plant die Erschließung des Gewerbegebietes Leimental/Mahden. Das polygonale Areal weist eine maximale Ost-West-Erstreckung von ca. 220 m und eine ebenso lange maximale Nord-Süd-Erstreckung auf. Es umfasst die Flurstücke 1814 – 1824, 1826, 1836, 1831 – 1835 und 1834 – 1841. Von der K 1002 („Nordwestliche Randstraße“) soll eine Zufahrt in das neue Gewerbegebiet geschaffen werden. Von hier aus soll das Areal über neu zu schaffende Straßen erschlossen werden, wobei im Norden ein Stück des heutigen Grubstockwegs in die Erschließungsstraße einbezogen werden soll. Südlich des Grubstockwegs soll ein Scheunengebiet geschaffen werden. Südlich davon sind Gewerbebauplätze vorgesehen. Am Südrand ist eine Regenrückhaltung geplant.

Unser Büro wurde per E-Mail vom 04.07.19 beauftragt, eine Baugrunduntersuchung gemäß unserem Angebot vom 24.06.19 durchzuführen.

Folgende Unterlagen standen uns zur Verfügung:

1. Datei Aufstellungsbeschluss vom 10.07.2018 - Abgrenzungsplan 1:1.250 vom 19.06.18, Hartenberger + Philipp
2. Datei städtebaulicher Vorentwurf vom 06.06.19, ARP
3. Topografische Karte 1:25.000, Blatt 7319 Ehningen
4. Geologische Karte 1:25.000, Blatt 7319 Ehningen

## 2. Lage

Das Erschließungsgebiet liegt außerhalb des Ortsgebietes von Ehningen westlich der K 1002 („Nordwestliche Randstraße“). Im Norden wird es vom Grubstockweg begrenzt. Im Nordosten grenzt es an ein bestehendes gewerbliches Anwesen. Die Südostgrenze wird von der K 1002 gebildet. Im Süden bildet der Feldweg Flst. 2043 die Grenze. Die Westgrenze verläuft durch die Ackerflur.

Das Baufeld liegt innerhalb intensiv genutzter Ackerflur. Diese wird durch die asphaltierten Feldwege 3333 (Grubstockweg), 1822/1, 1840/1, 2043 und 1836 erschlossen. Des Weiteren bestehen zwei von Osten nach Westen verlaufende Graswege (Flst. 1826 und 1835/1).

Auf dem Flurstück 1840 lagerten zum Zeitpunkt der Untersuchungen diverse Haufwerke. Am Südrand dieses Areals und in Süden von Flst. 1839 befand sich eine zu einer anderen Baumaßnahme gehörende Baustelleneinrichtung.

Das Areal bildet eine flach nach Südosten fallende Ebene. Am Südrand befindet sich ein Graben. Dieser bildet den natürlichen Vorfluter.

### 3. Durchgeführte Untersuchungen

Am 11.09. und 12.09.19 wurden sieben Kernbohrungen Durchmesser 140 mm durchgeführt. Die Lage der Bohrpunkte wurde in Abstimmung mit Frau Reichert unter Berücksichtigung privater Grundstücke und zurzeit bestehender Fremdbaustellennutzung bauseits ausgepflockt und eingemessen.

Die Bohrungen wurden nach Abschluss der Arbeiten mit Quellton versiegelt.

Aus den Bohrungen wurden folgende Bodenmischproben entnommen:

MP 1: Quartär: BK 1: 0,2 – 3,4 m, BK 2: 0,4 – 2,9 m, BK 3: 0,2 – 0,5 m, BK 4: 0,2 – 0,4 m  
MP 2: Lettenkeuper: BK 1: 3,4 – 6,0 m, BK 2: 2,9 – 6,0 m, BK 3: 0,5 – 6,0 m, BK 4: 0,4 – 6,0 m  
MP 3: Lettenkeuper, kohligter Mergel: BK 5: 3,2 – 3,9 m  
MP 4: Quartär: BK 7: 0,5 – 1,3 m

Die Mischproben wurden entsprechend des Parameterumfangs der VwV Boden Tabelle 6.1 (Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007) analysiert. Die Laborergebnisse sind in den Tabellen 1 - 4 zusammengefasst.

Aus der Bohrung BK 2 wurde eine Grundwasserprobe zur Analyse auf betonangreifendes Verhalten entnommen.

Die Laborprotokolle sind aus der Beilage 2 ersichtlich. Sämtliche chemische Analysen erfolgten im Institut Synlab Analytics & Services Germany GmbH, Stuttgart.

Zur Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte wurde Proben wie folgt entnommen:



Probe	P 1	P 2	P 3	P 4
Bohrung	BK 1: 1,5 – 2,0 m	BK 1: 2,5 – 2,8 m	BK 7: 3,0 – 3,7 m	BK 7: 4,8 – 5,2 m
Bodenart	quartärer Schluff	quartärer Schluff	Lettenkeuper-Mergel, kohlig	breiiger Lettenkeuper-Verwitterungsschluff
nat. Wassergehalt	X	X	X	X
Kornverteilung	X	X	X	X
Konsistenzgrenzen	X	X	X	X
Einaxiale Druckfestigkeit	X	X	X	

Die Proben wurden im Labor test2safe AG, Ziemetshausen, analysiert. Die Laborergebnisse werden in Beilage 1 vorgestellt.

#### 4. Geologische Verhältnisse

Der Untergrund besteht aus Schichten des Lettenkeupers und quartären Deckschichten. Künstliche Auffüllungen wurden in den Bohrungen nicht angetroffen. Letztere beschränken sich auf die Aufbauten der asphaltierten Feldwege.

##### 4.1 Lettenkeuper

Im bergfrischen Zustand besteht der Lettenkeuper aus einer Wechselfolge von Ton-, Ton-schluff-, Sand- und Dolomitsteinen. Gegen die Erdoberfläche ist der Lettenkeuper verwittert, wobei der Verwitterungsgrad über mürb verwitterte Festgesteine bis zur vollkommenen Entfestigung zu tonig-sandigen Schluffen reicht. In die Lettenkeuper-Schichten sind kohlige Mergel sowie linsenartig verbreitete Braunkohlepartien eingeschaltet.

Felsartig ausgebildeter Lettenkeuper wurde wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe (m)	Felsart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 1	5,8 – 6,0	Dolomitstein	6	H
BK 2	felsartige	Schichten	nicht	ausgebildet
BK 3	2,2 – 2,8	Dolomitstein	6	H
	2,8 – 5,7	Tonstein	6	F
	5,7 – 5,9	Dolomitstein	6 – 7	H
	5,9 – 6,0	Tonstein	6	F
BK 4	2,0 – 2,2	Dolomitstein	6	H
	3,0 – 3,7	Sandstein	6	G
	3,7 – 4,5	Mergelstein	6	F
	4,7 – 5,2	Dolomitstein	7	H
	5,2 – 5,4	Sandstein	6	G
	5,4 – 6,0	Tonstein	6	F
BK 5	3,0 – 3,2	Dolomitstein	7	H
	5,9 – 6,0	Dolomitstein	6	H
BK 6	1,6 – 1,9	Dolomitstein	7	H
	2,0 – 2,9	Mergelstein	6	F
	2,9 – 3,4	Sandstein	6	G
	3,5 – 4,0	Tonstein	6	F
	4,0 – 4,4	Mergelstein	6	F
	4,4 – 4,5	Dolomitstein	6	H
	4,6 – 4,9	Dolomitstein	7	H
BK 7	5,3 – 6,0	Dolomitstein	7	H
	2,3 – 2,6	Dolomitstein	7	H
	5,2 – 5,5	Dolomitstein	7	H
	5,5 – 6,0	Tonmergelstein	6	F

Der unverwitterte Tonstein reagierte beim Bohren mit einem stückig-scharfkantigen Bruch. Der Sandstein war tonig gebunden und lieferte einen stückigen bis steinigen Bruch.

Die Dolomitsteine waren bankig ausgebildet, wobei in den Bohrungen Bankstärken von 0,2 m (BK 3: 5,7 – 5,9 m; BK 4: 2,0 – 2,2 m, BK 5: 3,0 – 3,2 m) bis > 0,7 m (BK 6: 5,3 – 6,0 m) angetroffen wurden. Es bestand jeweils eine hohe Festigkeit. Beim Bohren bildeten sich ein steiniger Bruch und teilweise auch zusammenhängende Bohrkerne.

In Bohrung BS 2 wurden innerhalb der von der Bohrung aufgeschlossenen Tiefe keine felsartigen Gesteine angetroffen.

Mürb verwitterter Lettenkeuper wurde wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe (m)	Mürbgesteinsart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 2	3,6 – 4,1	Tonstein	4 - 5	E
	4,4 – 5,0	Tonstein	4 - 5	E
	5,4 – 6,0	Tonschluffstein	4 - 5	E
BK 4	0,4 – 0,7	Sandstein	4 - 5	E
	2,5 – 2,9	Mergelstein	4 - 5	E
BK 5	0,3 – 1,1	Sandstein	4 - 5	E
	1,6 – 1,9	Mergelstein	4 - 5	E
	3,9 – 5,9	Tonmergelstein	4 - 5	E
BK 6	1,1 – 1,6	Dolomitstein	4 - 5	E
	4,9 – 5,2	Mergelstein	4 - 5	E
BK 7	3,7 – 4,3	Sandstein	4 - 5	E

Halbfest verwitterter Lettenkeuper wurde wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe (m)	Bodenart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 1	3,9 – 4,5	Mergel	4 - 5	E
	4,5 – 4,6	Ton	5	E
	5,1 – 5,4	Mergel	4 - 5	E
BK 2	2,9 – 3,6	Mergel	4 - 5	E
	4,1 – 4,4	Tonmergel	4 - 5	E
	5,0 – 5,4	Tonmergel	4 - 5	E
BK 4	2,3 – 2,5	Mergel, kohlig, sandig	4 - 5	D
BK 5	1,4 – 1,6	Mergel	4 - 5	E
	1,9 – 2,4	Mergel	4 - 5	E
	2,4 – 3,0	Schluff, kiesig, dolomitisch	4 - 5	E
	3,2 – 3,9	Mergel	4 - 5	E
BK 6	0,7 – 1,0	Ton	5	E
	1,0 – 1,1	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	E
	1,9 – 2,0	Mergel	4 - 5	E
	5,2 – 5,3	Schluff, stark sandig, kohlig	4 - 5	D
BK 7	2,6 – 2,9	Mergel	4 - 5	E
	2,9 – 3,7	Mergel, stark sandig, kohlig	4 - 5	D
	4,3 – 4,8	Mergel	4 - 5	E

Steif bis halbfest verwitterter Lettenkeuper trat wie folgt auf:

Bohrung	Tiefe (m)	Bodenart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 3	1,2 – 1,6	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B
BK 4	0,9 – 1,6	Mergel	4	B

Steifplastisch verwitterter Lettenkeuper wurde wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe (m)	Bodenart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 1	3,4 – 3,9	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B
BK 3	1,6 – 2,0	Sandsteinersatz, kiesig-schluffig	4 - 5	B
BK 4	0,7 – 0,9	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B
	1,9 – 2,0	Schluff, kiesig	4 - 5	B
	2,2 – 2,3	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B
BK 5	1,1 – 1,4	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B
BK 7	1,6 – 1,8	Schluff, tonig, sandig, kiesig	4 - 5	B
	1,8 – 2,1	Schluff, tonig, sandig	4-5	B

Weiche bis steife Verhältnisse traten wie folgt auf:

Bohrung	Tiefe (m)	Bodenart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 1	4,6 – 5,1	Schluff, dolomitisch	4	B
BK 6	3,4 – 3,5	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B
	4,5 – 4,6	Schluff, dolomitsch, kiesig	4 - 5	B
BK 7	1,3 – 1,6	Schluff, tonig, sandig	4 - 5	B

Weichplastische Verhältnisse wurden wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe (m)	Bodenart	Bodenklasse	Homogenbereich
BK 1	5,4 – 5,8	Schluff, dolomitisch	4	C
BK 4	1,6 – 1,9	Steine in Schluffmatrix	4 - 5	C
	4,5 – 4,7	Schluff, steinig	4 - 5	C
BK 7	2,1 – 2,3	Schluff, tonig, sandig, kiesig	4 - 5	C

Breiiige Verhältnisse bestanden in Bohrung BS 7 in einer Tiefe von 4,8 – 5,2 m in Form von dolomitischem Schluff (Bodenklasse 2, Homogenbereich C).

Braunkohle wurde in Bohrung BK 4 in einer Tiefe von 2,9 – 3,0 m durchfahren. Diese wies sandige Anteile und ein blättriges Gefüge auf. Des Weiteren bestanden kohlige Schichten in BK 4 (2,3 – 2,5 m), BK 5 (3,2 – 3,9 m), BK 6 (5,2 – 5,3 m) und BK 7 (2,9 – 3,7 m). Diese werden aufgrund der kohligen Anteile dem Homogenbereich D zugeordnet. Die kohligen Anteile sind an der schwarzbraunen Farbe erkennbar.

Rolliger Sandsteinersatz (Homogenbereich B) wurde in BK 3 (0,5 – 1,2 m) aufgeschlossen.

## 4.2 Quartär

Die quartären Deckschichten wiesen einschließlich der Ackerkrume folgende Mächtigkeiten auf:

Bohrung	Mächtigkeit (m)
BK 1	3,4
BK 2	2,9
BK 3	0,5
BK 4	0,4
BK 5	0,3
BK 6	0,7
BK 7	1,3

Die Mächtigkeit ist am Nordrand am stärksten (BK 1, BK 2) und nimmt nach Süden zu deutlich ab (BK 3 – BK 5). In Muldenlage ganz im Süden ist wieder eine Zunahme festzustellen (BK 6, BK 7).

Es handelt sich überwiegend um tonig-sandige Verwitterungsschluffe. Im Bohrung BK 2 wurde eine in die Verwitterungsschluffe eingebettete eiszeitliche Fließerde (1,6 – 2,4 m) angetroffen.

Diese hob sich durch eine rötlichbraune Farbe von den überwiegend braunen bis rostbraunen Verwitterungsschluffen ab.

Es wurden folgende Konsistenzverhältnisse angetroffen:

halbfest:

Bohrung	Tiefe (m)
BK 2	0,2 – 0,4
BK 5	0,2 – 0,3

steif bis halbfest:

Bohrung	Tiefe (m)
BK 1	0,2 – 0,4
BK 4	0,2 – 0,4
BK 6	0,2 – 0,5
BK 7	0,2 – 0,5

steif:

Bohrung	Tiefe (m)
BK 1	0,4 – 1,4
BK 2	0,4 – 2,7
BK 3	0,2 – 0,5
BK 6	0,5 – 0,7
BK 7	0,5 – 1,3

weich bis steif:

Bohrung	Tiefe (m)
BK 1	1,4 – 2,0
BK 2	2,7 – 2,9

weich:

Bohrung	Tiefe (m)
BK 1	2,0 – 3,4
BK 2	2,7 – 2,9

## 5. Hydrogeologische Verhältnisse

In den Bohrungen stellten sich folgende Grundwasserstände ein:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN	Ruhewasserstand	nach Bohrende
BK 1	-	-	-	-
BK 2	4,45	449,67	X	
BK 3	5,86	448,27	X	
BK 4	5,90	446,34	X	
BK 5	-	-	-	-
BK 6	-	-	-	-
BK 7	4,71	440,49		X

In den Bohrungen BK 1 – BK 4 war nach Bohrende am 11.09.19 zunächst kein Wasser. Am Folgetag wurden in den Bohrungen BK 2 - BK 4 die angegebenen Ruhewasserstände gemessen. In den am 12.09.19 durchgeführten Bohrungen BK 5 – BK 6 hatte sich zum Ende der Bohrkampagne kein Wasser eingestellt. In Bohrung BK 7 erfolgte ein Wasserzutritt aus der in einer Tiefe von 4,8 – 5,2 m durchfahrenen breiigen Schluffschicht.

## 6. Beurteilung

### 6.1 Grundwasser und Grundwasserschutz

Das Erschließungsgebiet liegt nach unserem Kenntnisstand außerhalb von Wasserschutzgebieten. Es besteht oberflächennahes Schichtwasser.

Aus den wasserführenden Bohrungen wurde der in Anlage 6 dargestellte Grundwassergleichplan konstruiert. Die Ergebnisse erscheinen im Hinblick auf die gegebenen topografischen und geologischen Verhältnisse plausibel, auch wenn die Bohrpunkte BK 1, BK 5 und BK 6 kein Wasser aufgeschlossen haben. In Bohrung BK 1 liegt der permanente Schichtwasserspiegel unterhalb der Endteufe. Das Schichtwasser bewegt sich von Nordnordwesten kommend nach Südsüdosten. Aufgrund der Analyseergebnisse ist es als nicht betonangreifend einzustufen.

Zur Festlegung der Bemessungswasserstände fordern die überwachenden Behörden im Regelfall einen Sicherheitszuschlag von 1 m zu den angetroffenen Wasserständen. Aufgrund des niederschlagsarmen und heißen Sommers 2019 ist davon auszugehen, dass die gemessenen Wasserstände absolute Tiefstände widerspiegeln. Bei länger anhaltenden Niederschlägen und nach Schneeschmelze ist anhand der in den Bohrprofilen angetroffenen Strukturen davon auszugehen, dass sich Schichtwasser zusätzlich auf deutlich höheren Niveaus einstellen werden, wobei diese dann temporär andauern. Es wird daher aus geotechnischer Sicht empfohlen, die Bemessungswasserstände wie folgt festzulegen:



Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BK 1	2,00	455,16
BK 2	2,40	451,72
BK 3	2,00	452,13
BK 4	2,20	450,04
BK 5	2,40	446,83
BK 6	1,90	444,95
BK 7	2,10	443,10

Baukörper, die in die Bemessungswasserstände eingreifen, sind in wasserdichter und auftriebssicherer Bauweise zu bemessen. Sie bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis der zuständigen unteren Wasserbehörde.

Das oberflächennahe Schichtwasser ist über die Dauer der im Zuge der Baulanderschließung erfolgenden Grabenarbeiten sowie während der Gründung von zukünftigen Gebäuden gefährdet. Baumaschinen sind daher mit geeignetem Hydrauliköl auszustatten. Betankungen und Lagerungen von Kraftstoffen sind in unmittelbarer Nähe zu offenen Leitungsgräben, Bau- und Fundamentgruben zu unterlassen. Das beim Reinigen der Arbeitsmittel (Betonpumpe, Transportbetonwagen) anfallende zementhaltige Schmutzwasser ist wegen der basischen Wirkung zu sammeln und fachgerecht zu entsorgen.

#### - Versickerung von Tagwasser

Das Erschließungsgebiet befindet sich in einer flachen Hanglage, welche durch schlecht wasserzügige quartäre Deckschichten, wasserdurchlässige Dolomitsteinbänke und wasserstauende Mergel- und Tonsteinschichten geprägt ist. Es besteht eine geringe Versickerungsfähigkeit, die mit  $k_f$  ca.  $1 \times 10^{-6} \text{ m/s} - 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$  anzusetzen ist. Auf den Dolomitsteinbänken ist aufgrund der gegebenen Klüftigkeit von örtlich besseren Wasserwegsamkeiten auszugehen. Diese schwanken jedoch erfahrungsgemäß je nach Verwitterungszustand und Verlehmung der Klüfte deutlich.

Künstliche Beaufschlagungen über Versickerungsanlagen werden zu einer Aufhöhung der Schichtwässer und einem verstärkten Andrang innerhalb klüftiger Dolomitsteinbänke führen. In der Folge sind hierdurch bedingte Beeinträchtigungen der im Abstrom liegenden Grundstücke zu erwarten. Von der Anlage von Versickerungseinrichtungen wird daher aus geotechnischer Sicht abgeraten. Stattdessen wird empfohlen, Tagwasserabflüsse in der am Südrand des Erschließungsgebietes vorgesehenen Retentionszone zu puffern.

Um den Anfall an zu beseitigendem Niederschlagswasser zu reduzieren, bieten sich Zisternen an. Zu beachten ist hier jedoch unter den gegebenen Schichtwasserverhältnissen die Auftriebsgefahr der Zisternen im Lastfall leerer Behälter bei hohem Schichtwasserstand.

## 6.2 Beurteilung des Untergrundes

Im Bereich der Hochzone des Erschließungsgebietes besteht eine mehrere Meter mächtige quartäre Auflage (BK 1 – BK 2). Diese weist eine deutliche Setzungsempfindlichkeit bei mäßiger Tragfähigkeit auf. Die zulässige Bodenpressung ist mit  $150 \text{ kN/m}^2$  bei steifen bis weichen Konsistenzverhältnissen und mit  $200 \text{ kN/m}^2$  bei steifplastischen Verhältnissen anzusetzen. Sofern mit Bemessungswerten gerechnet wird, kann mit dem Faktor 1,4 multipliziert werden. Die zu erwartenden Setzungen werden sich hier um 2 cm bewegen. Zu beachten ist die nach Osten und nach Süden zu abnehmende Mächtigkeit der quartären Auflage, was vor allem bei größeren Bauten zu Setzungsdifferenzen und daraus resultierenden Zwängungen führen kann.

Im mindestens halbfesten Lettenkeuper erhöht sich die zulässige Bodenpressung auf  $400 \text{ kN/m}^2$ . Dieser Horizont wurde wie folgt angetroffen:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BK 1	5,80	451,36
BK 2	2,90	451,22

Im mittleren Erschließungsbereich (BK 3 - BK 4 – BK 5 – BK 6) besteht nur eine geringmächtige Quartärauflage, sodass diese bezüglich der Gründung nicht mehr relevant ist. Der gründungsfähige Lettenkeuper wurde hier wie folgt angetroffen:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BK 3	2,20	451,93
BK 4	2,30	449,94
BK 5	1,40	447,83
BK 6	1,10	445,75

Da es sich hier um Wechselfolgen aus Mergeln, Dolomiten und Sandsteinen mit unterschiedlicher Festigkeit handelt, wird empfohlen, die zulässige Bodenpressung auf  $400 \text{ kN/m}^2$  zu begrenzen. Bei Ansatz von Bemessungswerten kann mit dem Faktor 1,4 multipliziert werden. Höhere Bodenpressungen sind örtlich möglich. Diese sind jedoch durch objektbezogene Baugrunduntersuchungen zu verifizieren. Die innerhalb der Felszone (Homogenbereiche F, G, H) angetroffenen weichplastischen Schichten sind erfahrungsgemäß örtlich begrenzt und stellen meist Verwitterungen um Klüfte dar.

Im Süden (BK 7) wurde der gründungsfähige Lettenkeuper wie folgt erreicht:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BK 7	2,30	442,90

Die zulässige Bodenpressung ist hier ebenfalls mit 400 kN/m<sup>2</sup> anzusetzen. Wegen der Randlage zur Talmulde können hier ggf. auch größere Flurabstände zum gründungsfähigen Lettenkeuper auftreten.

Leitungen und Schachtbauwerke setzen zur Erzielung einer einwandfreien Gründung mindestens steifplastische Baugrundverhältnisse voraus. Diese wurden in für Leitungsgräben üblichen Tiefen zwar angetroffen, jedoch ist zu beachten, dass die Gründungssohlen auch weichplastisch verwitterte sowie breiige Zonen (BK 7: 4,8 – 5,2 m) anschneiden können. Derartige Zonen erschweren die korrekte Bettung von Leitungstrassen.

Folgende Bodenklassen wurden angetroffen:

Bodenart	Klasse (DIN 18300 2012-09)	Homogenbereich (DIN 18300 2016-09)
Ackerkrume	1	A
Quartäre Schluffe und schluffig verwitterter Lettenkeuper, Konsistenzspanne weich-steif bis steif, im Quartär teilweise auch halbfest	4 - 5	B
Quartäre Schluffe und schluffig verwitterter Lettenkeuper, weich und breiig, nicht gründungsfähig	4 – 5; 2	C
Lettenkeuper: kohliges Mergel, Braunkohle	4	D
Lettenkeuper: halbfester Mergel, mürber Tonschluffstein, mürber Sandstein, mürber Dolomitstein	4 - 5	E
Lettenkeuper: Tonstein, Tonmergelstein, felsartig ausgebildet, stückig-scharfkantig brechend	6	F
Lettenkeuper: felsartiger Sandstein	6	G
Lettenkeuper: felsartiger Dolomitstein, bankig	6 und 7	H

Es ist zu beachten, dass die im Baufeld an der Oberfläche gegebenen Böden unter Arbeitsbedingungen bei ungünstiger Witterung fließende Eigenschaften annehmen können. Auskofferungen und Befahrungen mit schweren Baufahrzeugen sind daher bei Regenwetter zu unterlassen.

### 6.3 Pedologische Verhältnisse

Im Baufeld besteht der Bodentyp Parabraunerde. Unter intensiv genutzter Ackerflur weist der Ap-Horizont eine Stärke von 20 cm auf. Es besteht ein sandiger Lehm mit geringem Humusge-



halt. Der Bv-Horizont weist eine Stärke von 10 cm (BK 5) – 30 cm (BK 3, BK 7) auf. Aufgrund der jahrhundertealten Bodenbearbeitung ist davon auszugehen, dass der Bv-Horizont gekappt ist. Es handelt sich um einen sandigen bis stark sandigen Lehm.

In den Bohrungen BK 1, BK 2 geht der Bv-Horizont fließend in den aus quartären Schluffen bestehende C-Horizont über. Eisen- und Manganausfällungen weisen auf regelmäßig wiederkehrende Staunässe hin.

In den Bohrungen BK 3 – BK 6 folgt unmittelbar unter dem Bv-Horizont der wechselhaft verwitterte Lettenkeuper.

In Bohrung BK 7 besteht der C-Horizont aus quartären schluffigen Hangfußablagerungen.

#### **6.4 Erdbebensicherheit**

Nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg 1:350.000 Auflage 2005 liegt das Erschließungsgebiet in der Erdbebenzone 2. Es besteht die Untergrundklasse R. Mindestens steifplastische Partien der quartären Deckschichten und des bindig verwitterten Lettenkeupers sind in die Baugrundklasse C einzustufen. Der halbfeste Mergel und der felsartige Lettenkeuper sind der Baugrundklasse B zuzuordnen.

Die in den Bohrprofilen nachgewiesenen breiigen, weichen und weichen bis steifen Profilschnitte lassen sich in keine der von der Erdbebennorm DIN EN 1998-5 vorgesehenen Baugrundklassen einordnen. Die im Lettenkeuper innerhalb der felsartigen Zone angetroffenen weichen und breiigen Partien sind erfahrungsgemäß an lokale und engräumig beschränkte Aufwittungszone gebunden und sind daher als unproblematisch zu sehen. Bei höher qualifizierten Baukörpern besteht hier jedoch ein Abklärungsbedarf durch objektbezogene Baugrunduntersuchungen.

#### **6.5 Abfalltechnische Charakterisierung**

Die quartären Deckschichten im Bereich BK 1 – BK 4 (MP 1) sind aufgrund des Arsenwertes von 26 mg/kg in der Trockensubstanz in die Kategorie Z 1.1 einzustufen. Die Quartärprobe aus BK 7 (MP 4) ist der Kategorie Z 0 zuzuordnen.

Der Lettenkeuper ist aufgrund des erhöhten Nickelwerts von 61 mg/kg in der Trockensubstanz als Z 0\* - Boden zu klassifizieren.

Der kohlig ausgebildete Lettenkeuper (MP 3) weist erhöhte Werte von Blei (230 mg/kg TS) und Cadmium (4,7 mg/kg TS) auf. Es ist daher eine Einstufung in Z 2 erforderlich.



Aus geotechnischer Sicht sind die erhöhten Werte als geogen bedingt einzustufen, was sich insbesondere im kohlig ausgebildeten Lettenkeuper (Ablagerungsbedingungen unter reduzierenden und anaeroben Verhältnissen) bemerkbar macht.

Die Anwendung der Öffnungsklausel der VwV Boden ist aufgrund der geogenen Ursache möglich. Voraussetzung hierzu ist die Zustimmung der überwachenden Behörden.

Je nach abnehmender Stelle können für abzufahrenden Erdaushub ggf. weitere Beprobungen und Analysen gefordert werden.

Bezüglich abzufahrender Massen aus den kohligen Zonen des Lettenkeupers wird empfohlen, Haufwerke zu bilden und diese gemäß LAGA PN 98 zu beproben und zu analysieren. Diese sind an der schwarzbraunen Farbe erkennbar und sollten daher bereits beim Aushub separiert werden.

## **7. Empfehlungen**

### **7.1 Angaben zum Baufeld**

Das Erschließungsgebiet kann zurzeit nur über die asphaltierten Feldwege angefahren werden. Da diese aller Wahrscheinlichkeit nach ausschließlich für den landwirtschaftlichen Verkehr ausgelegt sind, werden sie den Lasten schwerer Baufahrzeuge nur bedingt standhalten. Die beiden Graswege sind bei Niederschlägen mit Baufahrzeugen generell nicht befahrbar.

Um das Baufeld witterungsunabhängig anfahren zu können, sind die befestigten Wege so lange wie möglich zu erhalten. Die innere Erschließung des Areals macht die Anlage geeigneter Baustraßen erforderlich. Diese sind zweckmäßigerweise so zu platzieren, dass sie später als verbessertes Erdplanum für die zukünftigen Erschließungsstraßen weiterverwendet werden können.

Die gegebenen Böden können durch einen Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung befahrbar gemacht werden.

Im Fall des Bodenaustausches ist die Ackerkrume abzuschieben. Danach ist das Rohplanum abzuwalzen. Nach Auslegen eines Geotextils zur Trennung gegen den feinkörnigen Untergrund ist vor Kopf eine mindestens 40 cm starke Schüttung aus Schroppen der Körnung 0/100 mm aufzubauen. Die Schroppenschüttung ist zu entwässern.

Bauzufahrten, die nach der Erschließungsmaßnahme rückgebaut werden, können zur Schonung der gegebenen Böden direkt auf der Ackerkrume eingerichtet werden. Nach Mähen des zum Zeitpunkt des Arbeitsbeginns ggf. vorhandenen Bewuchses ist das Mähgut zu beseitigen. Danach ist ein Geotextil höherer Güteklasse auszulegen. Über diesen ist vor Kopf eine mindestens



40 cm starke Schüttung aus Schroppen der Körnung 0/100 mm aufzubauen. Das Geotextil bewirkt eine einwandfreie Trennung der Schüttungen gegen den gewachsenen Boden und erleichtert nach Gebrauch den fachgerechten Rückbau.

Baustraßen, die im Bereich zukünftiger Grünflächen liegen, sind nach Gebrauch rückzubauen, da sie von der Vegetation nicht angenommen werden.

An Stelle des Bodenaustausches ist auch eine Bodenverbesserung mit einem Mischbindemittel möglich. Hierzu ist letzteres mindestens 40 cm in den Boden einzufräsen, danach ist sofort zu verdichten. Benötigt wird eine Bindemittelmenge um ca. 50 kg/m<sup>3</sup>. Da der Bindemittelbedarf letztendlich von der Witterung und Jahreszeit zur Bauausführung abhängig ist, wird empfohlen, den Bindemittelbedarf mit Aufnahme der Arbeiten durch Eignungsprüfungen zu ermitteln. Nimmt der Boden beim Bearbeiten ein staubendes Verhalten an, ist zusätzlich zu wässern.

Im Fall einer Bodenbehandlung ist zu beachten, dass verwehter Bindemittelstaub zu Schäden am im Nordosten angrenzenden Gewerbebetrieb sowie zur Verstaubung der Feldfrucht auf den angrenzenden Ackerflächen führen kann. Bodenbehandlungen bei Wind und Regenwetter sind daher zu unterlassen.

Falls Winterbau betrieben wird, ist zu beachten, dass Bodenbehandlungen bei Temperaturen unter 5° C nur bedingt zum Erfolg führen werden, da die Wirkung des Bindemittels gehemmt bzw. ungünstigstenfalls aufgehoben wird. Eine Winterfestigkeit kann nur dann erzielt werden, wenn die Bodenbehandlung rechtzeitig vor Einsetzen der nasskalten Witterung erfolgt ist.

Aufgrund der leichten Hanglage ist zu beachten, dass die Oberflächen bei mit Bindemitteln behandelten Böden bei feuchter Witterung ein glitschiges Verhalten annehmen können. Die Arbeitssicherheit kann in Steigungs- und Gefällestrecken ggf. durch Abstreuen mit Splitt erzielt werden.

Aufgrund der eingeschränkten Versickerungsfähigkeit ist darauf hinzuweisen, dass insbesondere während des Bauzustandes bei fehlender Vegetation Oberflächenabflüsse und damit einhergehende Bodenabschwemmungen auftreten können. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren die Ackerflächen abgeerntet und vegetationslos bzw. mit unterzuackerndem Stroh abgestreut. Abschwemmungen infolge unkontrollierter Oberflächenabflüsse können ggf. in den am Südrand des Erschließungsgebietes liegenden Wassergraben gelangen und diesen aufsedimentieren. Im Interesse des Gewässerschutzes wird daher vorgeschlagen, Schutzwälle anzulegen, damit sich mitgeführtes Erdreich vor diesen absetzen kann. Zur Ableitung des zurückgehaltenen Wassers in den vorhandenen natürlichen Vorfluter sind geordnete Abflüsse vorzusehen.



## 7.2 Leitungsgräben

### - Einrichtung der Gräben

Die in den Bohrungen angetroffenen Böden der Homogenbereiche A – E lassen sich konventionell lösen.

Mit Anschneiden der Felszone - Homogenbereiche F, G, und H – ist der Grabenaushub wesentlich erschwert. Es sind hier Spitzarbeiten vorzusehen. Die Dolomitsteinbänke weisen eine weitständige Klüftung im Bereich mehrerer Dezimeter auf und sondern aufgrund der Festigkeit blockig bis groblockig ab. Ein Lösen durch Reißen mit dem Felslöffel scheidet im Graben wegen der dabei auftretenden unnötigen Seitenauflockerung aus.

Die Grabenwände können in der Hochzone (BK1, BK 2) zur trockenwarmen Jahreszeit mit maximal 60° geböscht werden. Sofern Winterbau betrieben wird, ist wegen der Gefahr der Ablösung von Erdschollen durch Frost-Tauwechsel und Wasseraufnahme nicht steiler als 45° zu böschen. Steilere Böschungen machen einen Grabenverbau erforderlich.

In der mittleren Zone und im Süden sind Böschungen unabhängig von der Jahreszeit nicht steiler als 45° anzulegen. Im Fels kann mit 80° geböscht werden.

Je nach Tiefe der Leitungsgräben und der zum Zeitpunkt der Bauausführung herrschenden Witterung ist mit Schichtwasserzutritten zu rechnen. Es ist daher vorsorglich eine funktionsfähige Schichtwasserhaltung vorzusehen. Diese ist auch dann bereitzuhalten, falls zunächst kein Wasser angetroffen werden sollte, da mit Einsetzen länger anhaltender Niederschläge mit der Aktivierung der Schichtwässer oberhalb der zum Zeitpunkt der Untersuchungen angeschnittenen Niveaus gerechnet werden muss. Auszugehen ist vorläufig aufgrund des relativ kleinen Einzugsgebietes von Zulaufraten um ca. 0,25 l/s bei abschnittsweiser Bauweise. Die Wasserhaltung bedarf der wasserrechtlichen Erlaubnis.

Mit der Baumaßnahme ist zur optimalen Beherrschung der zu erwartenden Schichtwässer zweckmäßigerweise am Tiefpunkt zu beginnen.

Das ggf. aus den Haltungen kommende Wasser ist wegen des Baubetriebs mit Schlufftrübe befrachtet. Es ist daher vor der Einleitung in den Vorfluter über Absetzbecken zu leiten. Als Vorfluter kommt vorzugsweise der am Südrand des Erschließungsgebietes liegende Wassergraben in Betracht. Ein freies Ablassen in die Landschaft ist nicht zulässig, da es hierdurch zu einer intensiven Vernässung der Bauplätze und zu Verschlammungen des Bodens kommt.

Um einer ungewollten Drainagewirkung über die neuen Kanalisationsgräben wirksam entgegenzutreten, sind Sperrriegel vorzusehen. Diese sind bis zum Niveau der Bemessungswasserstände hochzuziehen. Sofern keine Wasserzutritte vorliegen, können Tonsperren eingerichtet werden.



Bei Wasserzutritt sind Betonsperren zu bevorzugen, da sich Ton unter zulaufendem Wasser nicht mehr ausreichend verdichten lässt. Bei Verzicht auf die Sperren wird sich das Grundwasser über die Grabenverfüllungen neue und schnellere Fließwege suchen, da die Verfüllungen erfahrungsgemäß stets eine bessere Wasserdurchlässigkeit als der gewachsene Boden aufweisen. Hierdurch kann es zu Vernässungen der Grabenverfüllungen mit daraus folgenden unzulässigen Setzungen sowie zu einem erhöhten Wasserandrang an den Anschlusspunkten an den Bestand kommen. Um eine ausreichende Sperrwirkung zu erzielen, sind die Sperrriegel mindestens 1 m in den gewachsenen Untergrund einzubinden.

#### - Gründung des Kanals

Im Felshorizont (Homogenbereiche F, G, H), in mindestens halbfesten Mergeln (Homogenbereich E) und in mindestens steifen Böden (Homogenbereich B) ist eine konventionelle Kanalbetonung möglich.

In Mergeln und mürb verwitterten Festgesteinen (Homogenbereich E), im felsartig ausgebildeten Ton- und Mergelstein (Homogenbereich F) und in der bindigen Verwitterungszone (Homogenbereich B) ist die Witterungsempfindlichkeit zu beachten. Frisch hergestellte Grabensohlen sind hier zügig mit den Leitungstrassen zu überbauen.

Im Zuge der Grabenarbeiten werden örtlich weichplastische und steife bis weiche Zonen angeschnitten (Homogenbereich C). Die weichplastischen Massen sind hier auszuräumen und durch nässeunempfindliche Korngemische zu ersetzen. Es ist lagenweise optimal zu verdichten. Die Stärke der weichplastischen Zonen wird sich nach den Ergebnissen der Bohrungen um ca. 20 – 60 cm bewegen. Sollten höhere Mächtigkeiten angetroffen werden, ist der Gutachter hinzuzuziehen.

Da die Kanäle voraussichtlich unterhalb des Bemessungswasserstandes liegen werden, ist die Auftriebssicherheit zu beachten. Auf die Dichtigkeit der Rohrmuffen kommt eine erhöhte Bedeutung zu.

#### - Grabenverfüllung

Die Leitungszone ist mit kornabgestuftem Fremdmaterial mit einem Größtkorn bis maximal 20 mm unter lagenweiser Verdichtung auf  $D_{Pr} > 97\%$  zu verfüllen.

Die Verfüllung zwischen der Leitungszone und dem Niveau 50 cm unter Erdplanum kann mit dem vor Ort anfallenden Grabenaushub unter der Voraussetzung erfolgen, dass die bindigen Massen mit Bindemittel verbessert werden. Nach überschlägigen Berechnungen ist von einem Bindemittelbedarf von 20 – 30 kg/m<sup>3</sup> auszugehen. Ggf. durch Sonneneinstrahlung ausgetrocknete Massen sind zu wässern. Bei einer Bodenbehandlung ist zu beachten, dass verwehertes Bindemittelstaub zu Schäden am im Nordosten angrenzenden Gewerbeanwesen sowie zur Verstaubung



der Feldfrucht in den angrenzenden Ackerflächen führen kann. Bodenbehandlungen bei Wind und Regenwetter sind daher zu unterlassen.

Frisch behandelte Massen sind sofort unter lagenweiser Verdichtung auf  $D_{Pr} > 98 \%$  einzubauen.

Aus dem Felshorizont (Homogenbereiche F, G, H) anfallender Grabenaushub kann bei kornabgestufter stückiger bis grusiger Textur direkt dem Wiedereinbau als Grabenverfüllung zugeführt werden. Dies wird vorzugsweise für den Ton- und Mergelsteinaushub (Homogenbereich F) und teilweise auch den Sandsteinaushub (Homogenbereich G) zutreffen. Tonsteinaushub ist nach Möglichkeit umgehend dem Wiedereinbau zuzuführen, da dieser unter Einwirkung von Niederschlägen rasch zu bindigem Boden von weichplastischer Konsistenz zerfällt.

Steinig-blockiger Schutt aus den Dolomitsteinbänken (Homogenbereich H) und ggf. des Sandsteins (Homogenbereich G) eignet sich im Rohzustand nicht zur Grabenverfüllung, da sich die Massen mit dem im Grabenbau üblichen Geräten nicht ausreichend verdichten lassen. Eine Wiederverwendung als Grabenverfüllung setzt voraus, dass die Massen durch einen Brechvorgang zu einem vorsiebartigen Korngemisch aufbereitet werden. Da diese Massen bei trockenwarmer Witterung relativ schnell austrocknen, sind diese im Bedarfsfall vor der Verdichtungsarbeit zu wässern.

### **7.3 Einrichten der Erschließungsstraßen**

Die im Baufeld anstehenden Böden erbringen den gemäß ZTVE-StB 17 geforderten Verformungsmodul von  $Ev_2 \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nicht. Der  $Ev_2$ -Wert wird sich je nach Witterung und Jahreszeit um ca.  $5 - 15 \text{ MN/m}^2$  bewegen. Es ist daher generell eine Bodenverbesserung erforderlich. Diese kann durch Behandeln mit Bindemitteln oder durch einen Bodenaustausch erfolgen.

Dort, wo ggf. steinige Böden das Erdplanum bilden (BK 4) wird der erforderliche  $Ev_2$ -Wert voraussichtlich erreicht. Eine Überprüfung durch statische Plattendruckversuche wird empfohlen.

Nach überschlägigen Berechnungen ist von einem Bindemittelbedarf von  $50 \text{ kg/m}^3$  Boden auszugehen. Hierbei ist das Bindemittel mindestens 40 cm tief in den Boden einzufräsen. Frisch behandelte Planien sind sofort zu verdichten. Auf die bereits erwähnte Problematik verwehten Bindemittelstaubes wird nochmals hingewiesen. Eine Befahrbarkeit für schwere Baufahrzeuge stellt sich nach einer Wartezeit von ca. drei Tagen ein. Auf dem mit Bindemittel verbesserten Erdplanum ist gemäß ZTV E-StB 17 ein Verformungsmodul von  $Ev_2 \geq 70 \text{ MN/m}^2$  und ein Verhältnis von  $Ev_2/Ev_1 \leq 2,2$  nachzuweisen.

Für den Fall, dass ein Bodenaustausch zur Ausführung kommt, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Stärke von mindestens 40 cm vorzusehen. Nach Abwalzen des Rohplanums ist ein Geotextil höherer Güteklasse zur Trennung gegen den feinkörnigen Untergrund auszulegen. Über dem



Geotextil ist dann der Bodenaustausch mit kornabgestuften Massen im Vor-Kopf-Verfahren aufzubauen. Geeignet sind beispielsweise Schroppen der Körnung 0/100 mm. Der Bodenaustausch ist zu entwässern. Auf dem durch Bodenaustausch verbesserten Erdplanum ist gemäß ZTV E-StB 17 ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  und ein Verhältnis von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$  nachzuweisen.

Bei parallel zum Hang verlaufenden Straßenabschnitten kann der erforderlich werdende talseitige Massenausgleich mit den vor Ort anfallenden bindigen Böden unter der Voraussetzung hergestellt werden, dass die Massen mit einem Mischbindemittel verbessert werden. Das Rohplanum ist abzutreten, um der Bildung ungewollter Gleitfugen wirksam entgegenzutreten. Auf der Bergseite sind zur Trockenhaltung des Erdplanums Drainagen erforderlich. Auf mit Bindemittel behandelten Böden können diese auf dem Erdplanum verlegt werden. Im Fall eines Bodenaustauschs sind diese auf dem Rohplanum einzurichten.

Sofern Pflasterungen zur Ausführung kommen sollten, ist zu beachten, dass in den Fugen versickerndes Tagwasser zu einer zeitweise andauernden Herabsetzung der Tragfähigkeit des Unterbaus und ggf. auch des Erdplanums führen kann. Dadurch werden insbesondere in den Kurven und auf Wendepunkten langfristig Verformungen des Belages vorprogrammiert. Letztere sind dann im Nachhinein nur noch schwer in den Griff zu bekommen. Die Erschließungsstraßen sollten daher generell mit einer Schwarzdecke befestigt werden. Dies gilt insbesondere unter dem Aspekt der späteren gewerblichen Nutzung.

#### **7.4 Angaben zur Bebauung**

Nach den uns vorgelegten Plänen ist am Nordrand des Gewerbegebiets eine Schuppenzeile vorgesehen. Südlich von dieser sind kleinere Gewerbebauplätze angedacht.

- Schuppenzeile

Die Notwendigkeit etwaiger Baugruben dürfte hier entfallen, da Schuppen im Regelfall ohne Unterkellerungen auskommen.

Es kann bei setzungsunempfindlicher Bauweise im Prinzip in frostfreier Tiefe gegründet werden, wobei sich hier die zulässige Bodenpressung auf maximal  $200 \text{ kN/m}^2$  beschränkt. Da in den Bohrungen BK 1 und BK 2 jedoch in Oberflächennähe stark toniger Schluff angetroffen wurde, ist zu beachten, dass dieser nach Versiegelung durch die Überbauung einer Schrumpfung durch Austrocknung unterliegen wird. Die Schrumpfbeträge werden sich zu den bauwerksbedingten Setzungsbeträgen addieren, was erhöhte Gesamtsetzungen zur Folge haben wird.

Die Schrumpfung reicht erfahrungsgemäß bis in eine Tiefe von 1,8 m. Es wird daher empfohlen, die Fundamente bis auf diese Tiefe hinabzuführen. Nichtbeachtungen können ggf. auch bei unempfindlicher Bauweise zu Schäden wie beispielsweise klemmenden Toren führen. Die Sohlen der Schuppen können bei Bedarf mit einfachen technischen Mitteln dann korrigiert werden, wenn diese nur beschottert oder mit einem Pflasterbelag versehen werden. Sofern qualifizierte Bodenplatten erstellt werden sollten, sind diese als tragende Decken zu bemessen. Konventionell gebettete Bodenplatten neigen bei Unterschrumpfung mittel- bis langfristig zu Hohllagerungen und in der Folge auftretenden unkontrollierten Bruchbildungen.

#### - Gewerbebauten

Bei unterkellerten Bauweisen werden Baugruben erforderlich. Diese können in der tonig-schluffigen Zone zur trockenwarmen Jahreszeit mit einem Winkel von maximal 60° geböscht werden. Bei Winterbau sowie mit Anschnitt des verwitterten Lettenkeupers ist nicht steiler als 45° zu böschen. Im Felshorizont kann bis maximal 80° geböscht werden. Felsbänke sind entlang der natürlichen Trennflächen abzutreten. Profilunterschneidungen sind vorzugsweise im Böschung- und Sohlbereich nicht zu vermeiden, da sich die bankigen Felspartien (Homogenbereich H, teilweise auch G) nur entlang der natürlichen Trennflächen wie Klüften und Schichtfugen lösen lassen. Zur Vermeidung unnötiger Profilunterschneidungen sind harte Felsbänke in Böschung- und Sohlhöhe durch Spitzen zu lösen. In der Fläche können sie unter Einsatz leistungsfähigen Geräts entlang der Schichtfugen durch Reißen gelöst werden.

Um einen witterungsunabhängigen Baubetrieb zu gewährleisten, sind Baugruben- und Baufeldsohlen dort mit Arbeitsebenen auszustatten, wo mürb verwitterter Fels und halbfester Mergel (Homogenbereich E) bzw. quartärer Untergrund und weichplastisch verwitterter Lettenkeuper (Homogenbereiche B und C) angeschnitten wird.

Normaltiefe Baugruben werden in die Bemessungswasserstände eingreifen. Je nach Witterung und Jahreszeit kann daher eine Haltung zur Beseitigung zulaufender Schichtwässer erforderlich werden. Drainagen, die über die Dauer der Bauzeit hinaus in Funktion bleiben, sind unterhalb der Bemessungswasserstände nicht zulässig. In die Bemessungswasserstände eingreifende Baukörper sind in wasserdichter und auftriebssicherer Bauweise zu erstellen. Sie bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis.

Bei nicht unterkellerten Bauweisen sind die Bemessungswasserstände nur dahingehend relevant, dass die Gründungskörper ggf. in diese eingreifen.

Die nördlichste Gewerbezeile kann voraussichtlich noch im Quartär gegründet werden. Die Bauwerklasten der weiter südlich folgenden Gewerbebauten sind - auch wenn nicht unterkellert werden sollte - in den mindestens halbfesten Lettenkeuper abzutragen. Sofern dieser Horizont nicht ohnehin angeschnitten wird, sind die Fundamente über punktuelle Magerbetonplomben in den tragfähigen Lettenkeuper zu vertiefen. Die Anzahl und das Raster der Plomben richtet sich

nach der statischen Erfordernis. Über den Plomben sind Streifenfundamente als tragende Balken zu bemessen. Bei nicht unterkellerten Bauten sind entlang der Außenwände Frostschrüzen vorzusehen.

#### - Um – und Unterläufigkeit, Verfüllen der Arbeitsräume

Im Fall von Unterkellerungen ist für eine ausreichende Um- und Unterläufigkeit zu sorgen. Zur Gewährleistung der Unterläufigkeit ist unter der Kellerbodenplatte ein mindestens 25 cm starker Flächenfilter als handelsüblichem Drainagesplitt oder –kies einzurichten. Zur Erhaltung der Filterstabilität gegen den feinkörnigen Untergrund ist Geotextil auszulegen. Quer zur Fallrichtung des Geländes verlaufende Streifenfundamente sind alle 2 m mit Durchlässen auszustatten, um die Sperrriegelwirkung aufzuheben.

Auf der Arbeitsraumsohle ist unterhalb der Bemessungswasserstände eine geschlossene und mit Filtersplitt ummantelte Ringdrainage aus Vollsickerrohr einzurichten. Diese dient der Verbesserung der Umläufigkeit und darf daher an keinen Vorfluter angeschlossen werden.

Bei punktuellen Tiefergründungen ohne Keller kann sich das Grundwasser weiterhin frei bewegen.

Die Arbeitsräume sind bis 1 m unter Gelände mit nässeunempfindlichen kornabgestuften Massen von guter Wasserdurchlässigkeit aufzubauen. Geeignet ist lehmfrei Vorsieb. Es ist lagenweise auf  $D_{Pr} > 98 \%$  zu verdichten. Gegen das gewachsene Erdreich und die Überschüttung ist ein Geotextil vorzusehen. Unter Halleneinfahrten und Hauseingängen ist die kornabgestufte Arbeitsraumverfüllung bis zum Niveau des Erdplanums hochzuziehen. Die Abdichtung gegen Tagwasser hat hier der Belag zu übernehmen.

Der oberste Meter der Arbeitsraumverfüllungen ist unter zukünftiger Begrünung mit bindigem Boden von geringer Wasserdurchlässigkeit aufzubauen. Zur Erzielung einer ausreichenden Abdichtung ist lagenweise auf  $D_{Pr} > 95 \%$  zu verdichten.

#### - Schutzmaßnahmen gegen Durchfeuchtung

Bei unterkellerten Bauteilen hat unterhalb der Bemessungswasserstände die wasserdichte Bauausführung den Schutz gegen Durchfeuchtung zu übernehmen. Oberhalb der Bemessungswasserstände ist eine konventionelle Bauwerksabdichtung gegen nicht drückendes Wasser unter der Voraussetzung möglich, dass auf dem Niveau der Bemessungswasserstände funktionsfähige Sicherheitsdrainagen eingerichtet werden. Die können jedoch nur dann ausreichend funktionieren, wenn sie über einen Notüberlauf in den Kanal oder Regenwasserkanal verfügen. Sickerpackungen als Ersatzvorfluter werden unter den gegebenen Baugrundverhältnissen nicht ausreichend funktionieren, da sie zeitweise einstauen werden.



Bei nicht unterkellerten Gebäuden ist die Bodenplatte durch eine kapillARBrechende Filtersicht vor aufsteigender Erdfeuchte zu schützen.

### **7.5 Behandlung des Tagwassers**

Eine Beseitigung des anfallenden Tagwassers durch Versickerungsanlagen ist im geplanten Erschließungsgebiet „Leimenäcker/Mahden“ kaum möglich, da die gegebenen wechselhaften Böden über eine nicht ausreichende Versickerungsfähigkeit verfügen und in den geklüfteten Dolomitsteinbänken eine Vermehrung von Wasserführungen zu erwarten ist. Hierdurch ergibt sich unter der gegebenen flachen Hanglage das Risiko von Beeinträchtigungen der im Abstrom liegenden Parzellen.

Um trotzdem einen Teil des Niederschlagwassers möglichst schon am Ort des Anfalls beseitigen zu können, sind Fußwege und untergeordnete Verkehrsflächen möglichst mit wasserdurchlässigen Belägen auszustatten.

Von den Dächern ablaufendes Wasser kann ggf. über Zisternen gesammelt und gepuffert werden. Die Zisternen werden jedoch in das Schichtwasser eingreifen, was bei der Bemessung der Zisternen zu beachten ist. Überschüssiges Niederschlagswasser ist nach Möglichkeit in der ohnehin am Südrand geplanten Regenrückhaltung zu puffern.

### **7.6 Wiederverwendung der Aushubmassen**

Die Ackerkrume ist abzuschleppen und für Wiederbegrünungsmaßnahmen bereitzustellen. Voraussetzung hierzu ist, dass diese eine mindestens steife bis halbfeste Konsistenz aufweist, was am brockigen Zerfall zu erkennen ist. Diese Voraussetzung war zum Zeitpunkt der Untersuchungen gegeben. Es ist zu beachten, dass der Boden bei Regenwetter infolge der Wasseraufnahme steife bis weichplastische Konsistenzverhältnisse annehmen wird. Der Boden ist dann knetbar bzw. bildet bei der Aufnahme mit dem Bagger Klumpen. In diesem Zustand darf der Boden nicht gewonnen werden, da im Zuge der Aufnahme, Umsetzung und Transporte die für den GaLa-Bau und die Melioration landwirtschaftlicher Nutzflächen wichtigen Grobporen zerstört werden. Der Boden neigt dann nach dem Eingriff zur Fäulnis- und Staunässebildung sowie zur Verschlammung. In der Folge stellen sich Stockwuchs und eine hohe Anfälligkeit gegen Erosion ein.

Die Gewinnung der Ackerkrume setzt zwingend eine geeignete Witterung und ausreichende Abtrocknung voraus. Die Massen sind vor Kopf zu gewinnen und dürfen nicht mit Baufahrzeugen befahren werden. Falls Zwischenlagerungen erforderlich werden, ist der Boden auf Mieten mit einer Höhe bis maximal 2 m zu setzen. Letztere dürfen nicht befahren werden. Die Mieten sind



zu begrünen, um der Tiefenvernässung durch Niederschläge zu begegnen. Zur Begrünung eignet sich vorzugsweise die Ansaat von Getreide.

Die bindigen Böden aus dem Graben- und Baugrubenaushub eignen sich ohne zusätzliche technische Behandlung nur zu Auffüllungen, an die keine qualifizierten Anforderungen gestellt werden. Stückig-grusiger Mergelsteinaushub kann zur Grabenverfüllung und Herstellung qualifizierter Auffüllungen verwendet werden, wenn die Witterungsempfindlichkeit beachtet wird. Grobsteiniger bis blockiger Dolomitsteinaushub bedarf vor der Wiederverwendung als Grabenverfüllung bzw. zur Herstellung qualifizierter Auffüllungen einer Aufbereitung durch einen Brechvorgang.

Eine Wiederverwendung blockig absondernder Dolomitsteinbänke im GaLa Bau scheidet aus, da der Dolomitstein trotz der hohen Festigkeit unter Einfluss der Witterung steinig bis steinig-lehmig zerfällt.

Die quartären Böden sind gemäß der vorläufigen Analysen im Bereich BK 1 – BK 4 als Z 1.1 – Böden einzustufen. Bei BK 7 war das Quartär unauffällig (Z 0). Lettenkeuperaushub ohne kohlige Anteile ist der Kategorie Z 0\* zuzuordnen. Kohlige Massen sind an der schwarzbraunen Farbe erkennbar. Nach der vorläufigen Analyse handelt es sich um Z 2 – Böden.

## **8. Zusammenfassung**

Das Erschließungsgebiet „Leimental/Mahden“ erstreckt sich über eine flache Hanglage. Im Süden grenzt es an eine flach ausgebildete Geländemulde. Es besteht oberflächennahes Schichtwasser, welches sich aufgrund des trockenen und heißen Sommers 2019 auf einem Tiefstand befindet (permanent auftretendes Schichtwasser). Bei lang anhaltenden Niederschlägen und bei Schneeschmelze sind weitere temporäre Schichtwasserführungen auf höheren Niveaus zu erwarten. Diese wurden bei der Festlegung der Bemessungswasserstände berücksichtigt.

Eingriffe in das Schichtwasser bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis durch die zuständige untere Wasserbehörde. In die Bemessungswasserstände eingreifende Baukörper sind in wasserdichter und auftriebssicherer Bauweise zu bemessen.

Das Baufeld ist durch asphaltierte Feldwege teilerschlossen. Diese sind so lange wie möglich zu erhalten, da sie als Bauzufahrten genutzt werden können. Es ist jedoch zu beachten, dass die bestehenden Wege aller Wahrscheinlichkeit nach nur für den landwirtschaftlichen Verkehr ausgelegt sind und daher den Belastungen durch den Baubetrieb nur bedingt standhalten werden.

Das innere Baufeld macht die Herstellung geeigneter Baustraßen erforderlich. Zweckmäßigerweise sind diese so zu legen, dass sie später als Erdplanum für die zukünftigen Erschließungsstraßen weiterverwendet werden können. In zukünftigen Grünbereichen liegende Bauzufahrten sind nach Gebrauch rückzubauen, da sie von der Vegetation nicht angenommen werden.



Aufgrund der flachen Hanglage ist bei entsprechendem Niederschlagsangebot mit Oberflächenabflüssen zu rechnen. Dabei kann es insbesondere im Bauzustand zu Abschwemmungen von Erdreich kommen. Um ein Zuschlammern des am Südrand des Erschließungsgebietes liegenden Wassergrabens zu unterbinden, wird vorgeschlagen, Schutzwälle und geordnete Überläufe einzurichten.

Im Baufeld besteht im Norden eine mehrere Meter mächtige Quartärauflage. Gegen Süden nimmt deren Mächtigkeit deutlich ab. Ganz im Süden besteht eine Mächtigkeitszunahme in Form von Hangfußablagerungen. Unter dem Quartär stehen Schichten des Lettenkeupers an. Diese gehen nach der Tiefe zu in einen felsartigen Zustand über. In der Felszone kommt es zu Erschwernissen im Graben- und Leitungsbau sowie beim Einrichten von Baugruben. Es sind daher Spitzarbeiten vorzusehen.

Je nach Tiefe der Leitungsgräben und Jahreszeit ist zum Zeitpunkt der Bauausführung mit Schichtwasserzutritten zu rechnen. Funktionsfähige Wasserhaltungen sind daher einzuplanen.

Es wird empfohlen, mit dem Leitungsbau am Tiefpunkt zu beginnen. Um Schichtwasserhaltungen auf ein absolut notwendiges Maß einzuschränken, ist abschnittsweise zu bauen.

Die Leitungen und Schachtbauwerke können im Felshorizont und auf mindestens steifplastischen Böden konventionell gebettet werden. Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Grabensohlen bereichsweise auch weichplastisch verwitterte Schichten anschneiden. Diese sind zur Erzielung einer einwandfreien Rohrbettung auszuräumen und durch kornabgestufte Massen zu ersetzen.

Da die Kanäle voraussichtlich unterhalb der Bemessungswasserstände liegen werden, ist die Auftriebssicherheit zu beachten. Auf die Dichtigkeit der Rohrmuffen kommt eine erhöhte Bedeutung zu. Um ungewollten Drainagewirkungen über die Grabenverfüllungen wirksam entgegenzutreten, sind Grundwassersperren erforderlich.

Die gegebenen Böden erfüllen die auf dem Erdplanum der Straßen geforderte Tragfähigkeit überwiegend nicht. Es sind daher Maßnahmen zur Bodenverbesserung erforderlich. In Frage kommt eine Verbesserung mit Bindemitteln oder eine Verbesserung mittels Bodenaustausch. Bei örtlich zu erwartenden steinigten Böden werden die Anforderungen an das Erdplanum ggf. erfüllt.

Die am Nordrand des Erschließungsgebietes geplante Schuppenzeile kann im Quartär unter einer verminderten Bodenpressung gegründet werden. Wegen der Schrumpff Gefahr der hier gegebenen tonigen Böden durch Austrocknung nach Versiegelung durch die Überbauung wird empfohlen, die Fundamente bis in eine Tiefe von mindestens 1,8 m hinabzuführen. Unempfindliche Schuppenböden können bei Besotterung oder Pflasterung ausgeführt werden. Qualifizierte Bodenplatten sind dagegen als tragende Decken zu bemessen.



Die Gewerbegebäude sind im tragfähigen Lettenkeuper zu gründen. Falls Unterkellerungen ausgeführt werden, sind letztere bis zum Niveau der Bemessungswasserstände als wasserdichte und auftriebssichere Wannen zu bemessen. In die Bemessungswasserstände eingreifende Bauteile bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis. Bei Untergeschossen ist für eine ausreichende Um- und Unterläufigkeit zu sorgen.

Nach der vorläufigen Analyse sind abzufahrende Massen aus dem Quartär als Z 1.1 (BK 1 – BK 4) und als Z 0 – Böden (BK 7) einzustufen. Aus dem Lettenkeuper anfallender Aushub ist der Kategorie Z 0\* zuzuordnen. Die im Lettenkeuper angetroffen und unregelmäßig verteilten kohligen Schichten sind aufgrund der Schwermetallgehalte vorläufig als Z 2 – Böden zu deklarieren. Es wird empfohlen, den an der schwarzbraunen Farbe erkennbaren kohligen Aushub auf Haufwerken zu sammeln und diese gemäß LAGA PN 98 zu beproben und zu analysieren. Je nach abnehmender Stelle können für abzufahrenden Aushub weitere Beprobungen und Analysen gefordert werden.

Die jeweils ermittelten erhöhten Werte sind geogenen Ursprungs.

Bindige Böden können nach Verbesserung mit Mischbindemitteln der Grabenverfüllung sowie der Herstellung qualifizierter Auffüllungen zugeführt werden. Stückiger Tonstein- und Merge-laushub kann direkt wiederverwendet werden, wenn die Witterungsempfindlichkeit beachtet wird. Steinig blockiger Aushub aus dem Felshorizont bedarf zur qualifizierten Wiederverwendung einer Aufbereitung durch einen Brechvorgang. Im Zuge des Aushubes anfallende Dolomitsteinblöcke weisen nur im frischen Zustand eine hohe Festigkeit auf. Unter Einwirkung der Witterung stellt sich ein Zerfall ein. Eine Wiederverwendung im GaLa-Bau scheidet daher aus.

Die Ackerkrume ist zur Melioration landwirtschaftlicher Flächen und zur Verwendung im GaLa-Bau bereitzustellen. Dies setzt voraus, dass die Krume bei geeigneter Witterung und bei geeigneten Konsistenzverhältnissen aufgenommen wird. Bei Zwischenlagerung ist diese auf Mieten zu setzen. Die Mieten sind zum Schutz vor Intensivvernässungen zu begrünen. Aufzunehmende Ackerkrume und die Mieten dürfen nicht mit Baufahrzeugen befahren werden.



## **9. Schlussbemerkung**

Der vorliegende Untersuchungsbericht basiert auf sieben Kernbohrungen, der Analyse von vier Bodenmischproben und der bodenmechanischen Laboruntersuchung von vier Bodenmischproben. Er bezieht sich ausschließlich auf das oben beschriebene Erschließungsvorhaben und kann daher nicht auf mögliche andere Standorte übertragen werden. Das vorliegende Gutachten befasst sich in erster Linie mit der geplanten Erschließungsmaßnahme und kann daher objektbezogene Baugrunduntersuchungen für die später zu errichtenden Gebäude nicht ersetzen. Da die Bohrungen und Analysen zwangsläufig nur punktuelle Aufschlüsse darstellen, sind Abweichungen möglich.

Sollten sich im Zuge der Baumaßnahme unerwartete oder hier nicht besprochene Probleme herausstellen, bitten wir umgehend um Nachricht. Auszugsweise Vervielfältigungen des vorliegenden Untersuchungsberichtes sind nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verfassers zulässig.

Deckenpfronn, den 17.10.2019

Dr. Wilhelm

**Tabelle 1: VwV Boden Lehm/Schluff**

**Analysenwerte Probe MP 1 (Quartär) und Zuordnungswerte nach VwV  
Umweltministerium Baden-Württemberg v. 14.3.2007**

		MP 1	Z0 Lehm/ Schluff	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Parameter</b>	<b>Dimension</b>						
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<0,3	-	-	≤3	≤3	≤10
EOX	mg/kg TS	<0,5	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS	<50	≤100	≤200	≤300	≤300	≤1000
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>		<50	≤100	≤400	≤600	≤600	≤2000
BTX (AKW)	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
LHKW	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤3	≤3	≤3	≤9	≤30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	≤0,3	≤0,6	≤0,9	≤0,9	≤3
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤0,05	≤0,1	≤0,15	≤0,15	≤0,5
Arsen	mg/kg TS	<b>26</b>	≤15	≤15	≤45	≤45	≤150
Blei	mg/kg TS	58	≤70	≤140	≤210	≤210	≤700
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Chrom gesamt	mg/kg TS	51	≤60	≤120	≤180	≤180	≤600
Kupfer	mg/kg TS	37	≤40	≤80	≤120	≤120	≤400
Nickel	mg/kg TS	91	≤50	≤100	≤150	≤150	≤500
Quecksilber	mg/kg TS	<0,082	≤0,5	≤1	≤1,5	≤1,5	≤5
Zink	mg/kg TS	58	≤150	≤300	≤450	≤450	≤1500
Thallium	mg/kg TS	<0,25	≤0,7	≤0,7	≤2,1	≤2,1	≤7
<b>Eluat</b>							
pH-Wert		7,9	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	51	≤250	≤250	≤250	≤1500	≤2000
Chlorid	mg/l	0,8	≤30	≤30	≤30	≤50	≤100
Sulfat	mg/l	1,0	≤50	≤50	≤50	≤100	≤150
Cyanide gesamt	µg/l	<5	≤5	≤5	≤5	≤10	≤20
Phenolindex	µg/l	<10	≤20	≤20	≤20	≤40	≤100
Arsen	µg/l	<1,0	-	≤14	≤14	≤20	≤60
Blei	µg/l	<1,0	-	≤40	≤40	≤80	≤200
Cadmium	µg/l	<0,10	-	≤1,5	≤1,5	≤3	≤6
Chrom gesamt	µg/l	<1,0	-	≤12,5	≤12,5	≤25	≤60
Kupfer	µg/l	<1,0	-	≤20	≤20	≤60	≤100
Nickel	µg/l	<1,0	-	≤15	≤15	≤20	≤70
Quecksilber	µg/l	<0,1	-	≤0,5	≤0,5	≤1	≤2
Zink	µg/l	<1,0	-	≤150	≤150	≤200	≤600
<b>Einstufung nach VwV UM</b>		<b>Z 1.1</b>					

n.n.=nicht nachweisbar bzw. unterhalb der erforderlichen Nachweisgrenze

**Tabelle 2: VwV Boden Lehm/Schluff**

**Analysenwerte Probe MP 2 (Lettenkeuper) und Zuordnungswerte nach VwV  
Umweltministerium Baden-Württemberg v. 14.3.2007**

		MP 2	Z0 Lehm/ Schluff	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Parameter</b>	<b>Dimension</b>						
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<0,3	-	-	≤3	≤3	≤10
EOX	mg/kg TS	0,6	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS	<50	≤100	≤200	≤300	≤300	≤1000
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>		<50	≤100	≤400	≤600	≤600	≤2000
BTX (AKW)	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
LHKW	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤3	≤3	≤3	≤9	≤30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	≤0,3	≤0,6	≤0,9	≤0,9	≤3
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤0,05	≤0,1	≤0,15	≤0,15	≤0,5
Arsen	mg/kg TS	8,7	≤15	≤15	≤45	≤45	≤150
Blei	mg/kg TS	20	≤70	≤140	≤210	≤210	≤700
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Chrom gesamt	mg/kg TS	52	≤60	≤120	≤180	≤180	≤600
Kupfer	mg/kg TS	38	≤40	≤80	≤120	≤120	≤400
Nickel	mg/kg TS	<b>61</b>	≤50	≤100	≤150	≤150	≤500
Quecksilber	mg/kg TS	<0,05	≤0,5	≤1	≤1,5	≤1,5	≤5
Zink	mg/kg TS	30	≤150	≤300	≤450	≤450	≤1500
Thallium	mg/kg TS	<0,25	≤0,7	≤0,7	≤2,1	≤2,1	≤7
<b>Eluat</b>							
pH-Wert		7,7	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	41	≤250	≤250	≤250	≤1500	≤2000
Chlorid	mg/l	<0,5	≤30	≤30	≤30	≤50	≤100
Sulfat	mg/l	1,25	≤50	≤50	≤50	≤100	≤150
Cyanide gesamt	µg/l	<5	≤5	≤5	≤5	≤10	≤20
Phenolindex	µg/l	<10	≤20	≤20	≤20	≤40	≤100
Arsen	µg/l	<1,0	-	≤14	≤14	≤20	≤60
Blei	µg/l	3,4	-	≤40	≤40	≤80	≤200
Cadmium	µg/l	<0,10	-	≤1,5	≤1,5	≤3	≤6
Chrom gesamt	µg/l	<1,0	-	≤12,5	≤12,5	≤25	≤60
Kupfer	µg/l	<1,0	-	≤20	≤20	≤60	≤100
Nickel	µg/l	1,1	-	≤15	≤15	≤20	≤70
Quecksilber	µg/l	<0,1	-	≤0,5	≤0,5	≤1	≤2
Zink	µg/l	5,6	-	≤150	≤150	≤200	≤600
<b>Einstufung nach VwV UM</b>		<b>Z 0*</b>					

n.n.=nicht nachweisbar bzw. unterhalb der erforderlichen Nachweisgrenze

**Tabelle 3: VwV Boden Lehm/Schluff**

**Analysenwerte Probe MP 3 (Lettenkeuper, kohlig) und Zuordnungswerte nach VwV  
Umweltministerium Baden-Württemberg v. 14.3.2007**

		MP 3	Z0 Lehm/ Schluff	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Parameter</b>	<b>Dimension</b>						
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<0,3	-	-	≤3	≤3	≤10
EOX	mg/kg TS	<0,5	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS	<50	≤100	≤200	≤300	≤300	≤1000
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>		<50	≤100	≤400	≤600	≤600	≤2000
BTX (AKW)	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
LHKW	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤3	≤3	≤3	≤9	≤30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	≤0,3	≤0,6	≤0,9	≤0,9	≤3
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤0,05	≤0,1	≤0,15	≤0,15	≤0,5
Arsen	mg/kg TS	37	≤15	≤15	≤45	≤45	≤150
Blei	mg/kg TS	<b>230</b>	≤70	≤140	≤210	≤210	≤700
Cadmium	mg/kg TS	<b>4,7</b>	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Chrom gesamt	mg/kg TS	27	≤60	≤120	≤180	≤180	≤600
Kupfer	mg/kg TS	47	≤40	≤80	≤120	≤120	≤400
Nickel	mg/kg TS	34	≤50	≤100	≤150	≤150	≤500
Quecksilber	mg/kg TS	0,15	≤0,5	≤1	≤1,5	≤1,5	≤5
Zink	mg/kg TS	330	≤150	≤300	≤450	≤450	≤1500
Thallium	mg/kg TS	<0,25	≤0,7	≤0,7	≤2,1	≤2,1	≤7
<b>Eluat</b>							
pH-Wert		8,4	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	99	≤250	≤250	≤250	≤1500	≤2000
Chlorid	mg/l	<0,5	≤30	≤30	≤30	≤50	≤100
Sulfat	mg/l	2,11	≤50	≤50	≤50	≤100	≤150
Cyanide gesamt	µg/l	<5	≤5	≤5	≤5	≤10	≤20
Phenolindex	µg/l	<10	≤20	≤20	≤20	≤40	≤100
Arsen	µg/l	<1,0	-	≤14	≤14	≤20	≤60
Blei	µg/l	5,4	-	≤40	≤40	≤80	≤200
Cadmium	µg/l	<0,10	-	≤1,5	≤1,5	≤3	≤6
Chrom gesamt	µg/l	<1,0	-	≤12,5	≤12,5	≤25	≤60
Kupfer	µg/l	<1,0	-	≤20	≤20	≤60	≤100
Nickel	µg/l	<1,0	-	≤15	≤15	≤20	≤70
Quecksilber	µg/l	<0,1	-	≤0,5	≤0,5	≤1	≤2
Zink	µg/l	3,5	-	≤150	≤150	≤200	≤600
<b>Einstufung nach VwV UM</b>		<b>Z 2</b>					

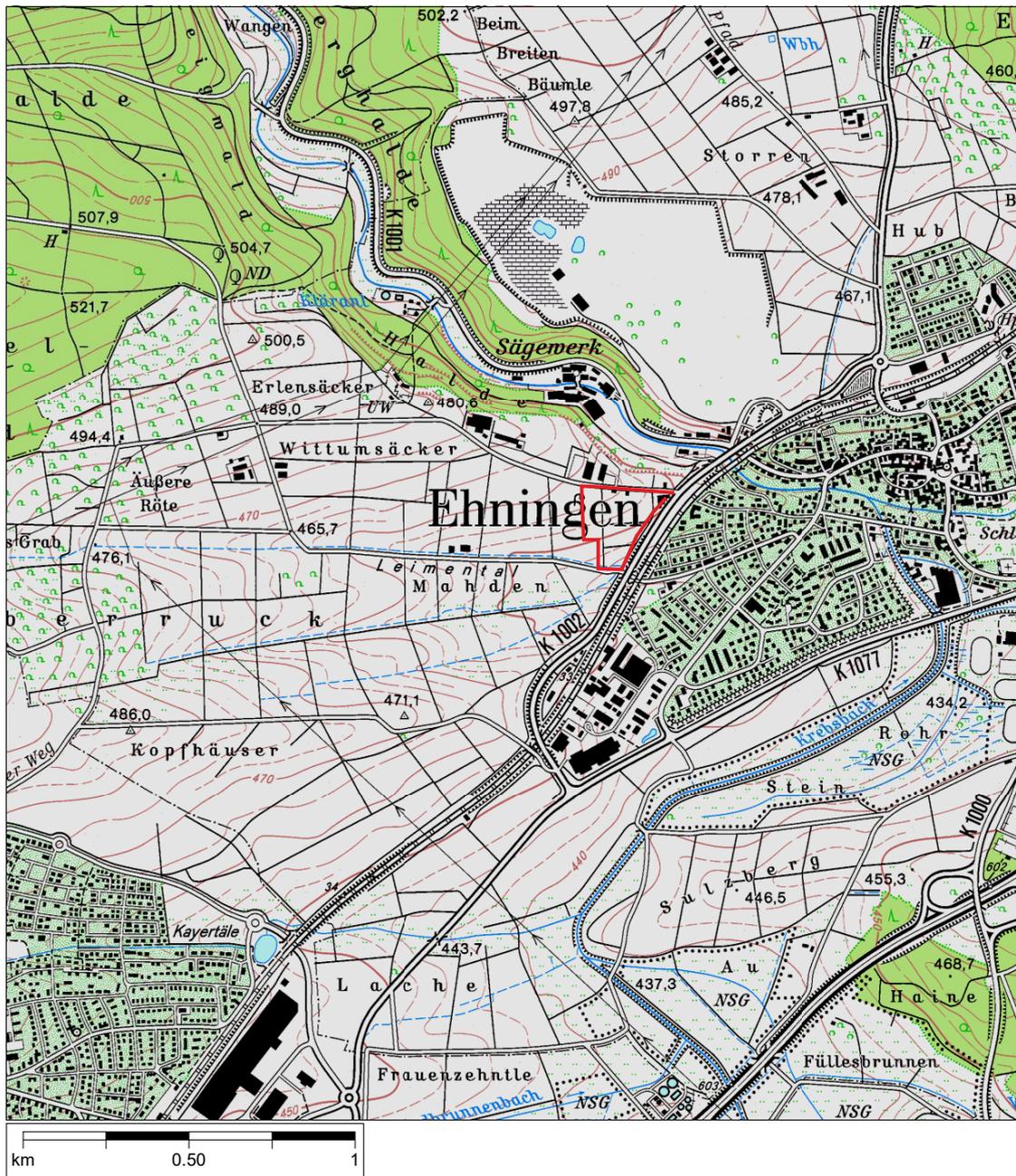
n.n.=nicht nachweisbar bzw. unterhalb der erforderlichen Nachweisgrenze

**Tabelle 4: VwV Boden Lehm/Schluff**

**Analysenwerte Probe MP 4 (Quartär aus BK 7) und Zuordnungswerte nach VwV  
Umweltministerium Baden-Württemberg v. 14.3.2007**

		MP 4	Z0 Lehm/ Schluff	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Parameter</b>	<b>Dimension</b>						
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<0,3	-	-	≤3	≤3	≤10
EOX	mg/kg TS	<0,5	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS	<50	≤100	≤200	≤300	≤300	≤1000
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>		<50	≤100	≤400	≤600	≤600	≤2000
BTX (AKW)	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
LHKW	mg/kg TS	n.n.	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤3	≤3	≤3	≤9	≤30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	≤0,3	≤0,6	≤0,9	≤0,9	≤3
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	n.n.	≤0,05	≤0,1	≤0,15	≤0,15	≤0,5
Arsen	mg/kg TS	12	≤15	≤15	≤45	≤45	≤150
Blei	mg/kg TS	32	≤70	≤140	≤210	≤210	≤700
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	≤1	≤1	≤3	≤3	≤10
Chrom gesamt	mg/kg TS	38	≤60	≤120	≤180	≤180	≤600
Kupfer	mg/kg TS	22	≤40	≤80	≤120	≤120	≤400
Nickel	mg/kg TS	43	≤50	≤100	≤150	≤150	≤500
Quecksilber	mg/kg TS	<0,05	≤0,5	≤1	≤1,5	≤1,5	≤5
Zink	mg/kg TS	49	≤150	≤300	≤450	≤450	≤1500
Thallium	mg/kg TS	<0,25	≤0,7	≤0,7	≤2,1	≤2,1	≤7
<b>Eluat</b>							
pH-Wert		7,8	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	59	≤250	≤250	≤250	≤1500	≤2000
Chlorid	mg/l	<0,5	≤30	≤30	≤30	≤50	≤100
Sulfat	mg/l	0,9	≤50	≤50	≤50	≤100	≤150
Cyanide gesamt	µg/l	<5	≤5	≤5	≤5	≤10	≤20
Phenolindex	µg/l	<10	≤20	≤20	≤20	≤40	≤100
Arsen	µg/l	<1,0	-	≤14	≤14	≤20	≤60
Blei	µg/l	<1,0	-	≤40	≤40	≤80	≤200
Cadmium	µg/l	<0,10	-	≤1,5	≤1,5	≤3	≤6
Chrom gesamt	µg/l	<1,0	-	≤12,5	≤12,5	≤25	≤60
Kupfer	µg/l	<1,0	-	≤20	≤20	≤60	≤100
Nickel	µg/l	<1,0	-	≤15	≤15	≤20	≤70
Quecksilber	µg/l	<0,1	-	≤0,5	≤0,5	≤1	≤2
Zink	µg/l	4,7	-	≤150	≤150	≤200	≤600
<b>Einstufung nach VwV UM</b>		<b>Z 0</b>					

n.n.=nicht nachweisbar bzw. unterhalb der erforderlichen Nachweisgrenze



Projekt: 190704

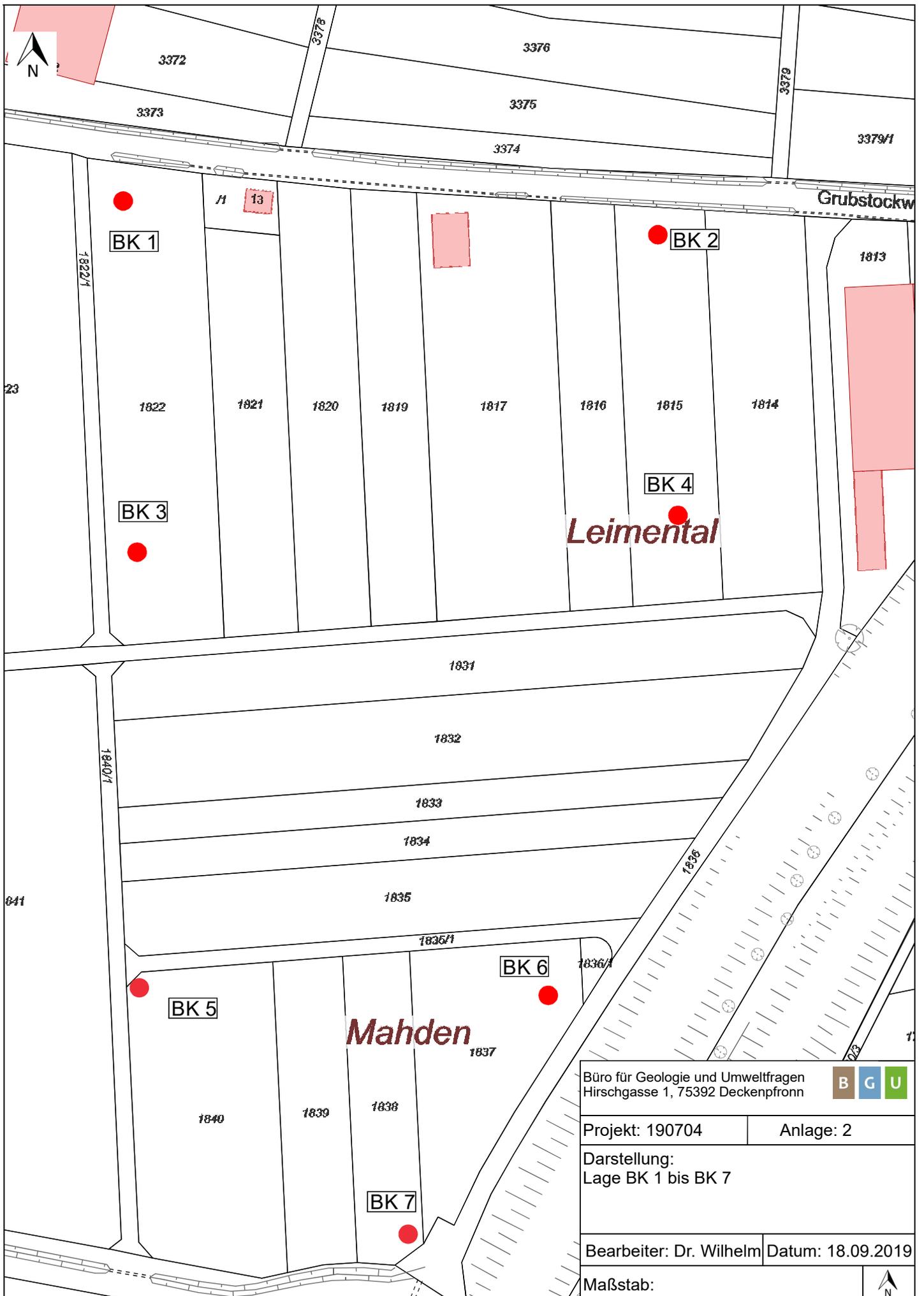
Anlage: 1

Bearbeiter: Dr. Wilhelm

Darstellung: Ausschnitt aus der Topographischen Karte Baden-Württemberg

Datum: 10.07.2019





Büro für Geologie und Umweltfragen Hirschgasse 1, 75392 Deckenfronn		
Projekt: 190704	Anlage: 2	
Darstellung: Lage BK 1 bis BK 7		
Bearbeiter: Dr. Wilhelm	Datum: 18.09.2019	
Maßstab:		

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

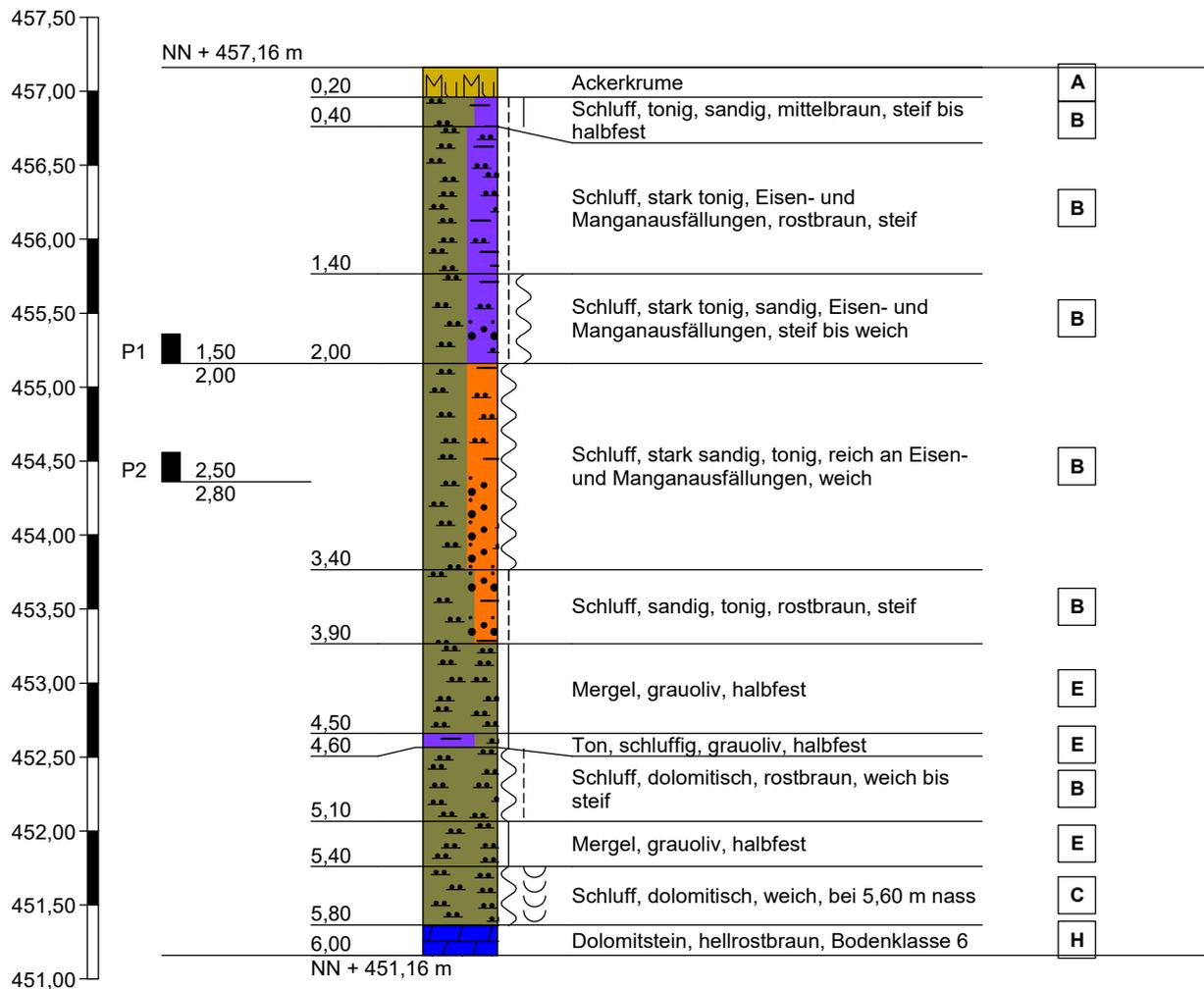
Projekt: 190704

Anlage 3.1

Datum: 11.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 1****Höhenmaßstab 1:50**

Bemerkung

Lage: Flst. 1822 Nord

Geologische Deutung:

0,00 m - 3,40 m Quartär

3,40 m - 6,00 m Lettenkeuper

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

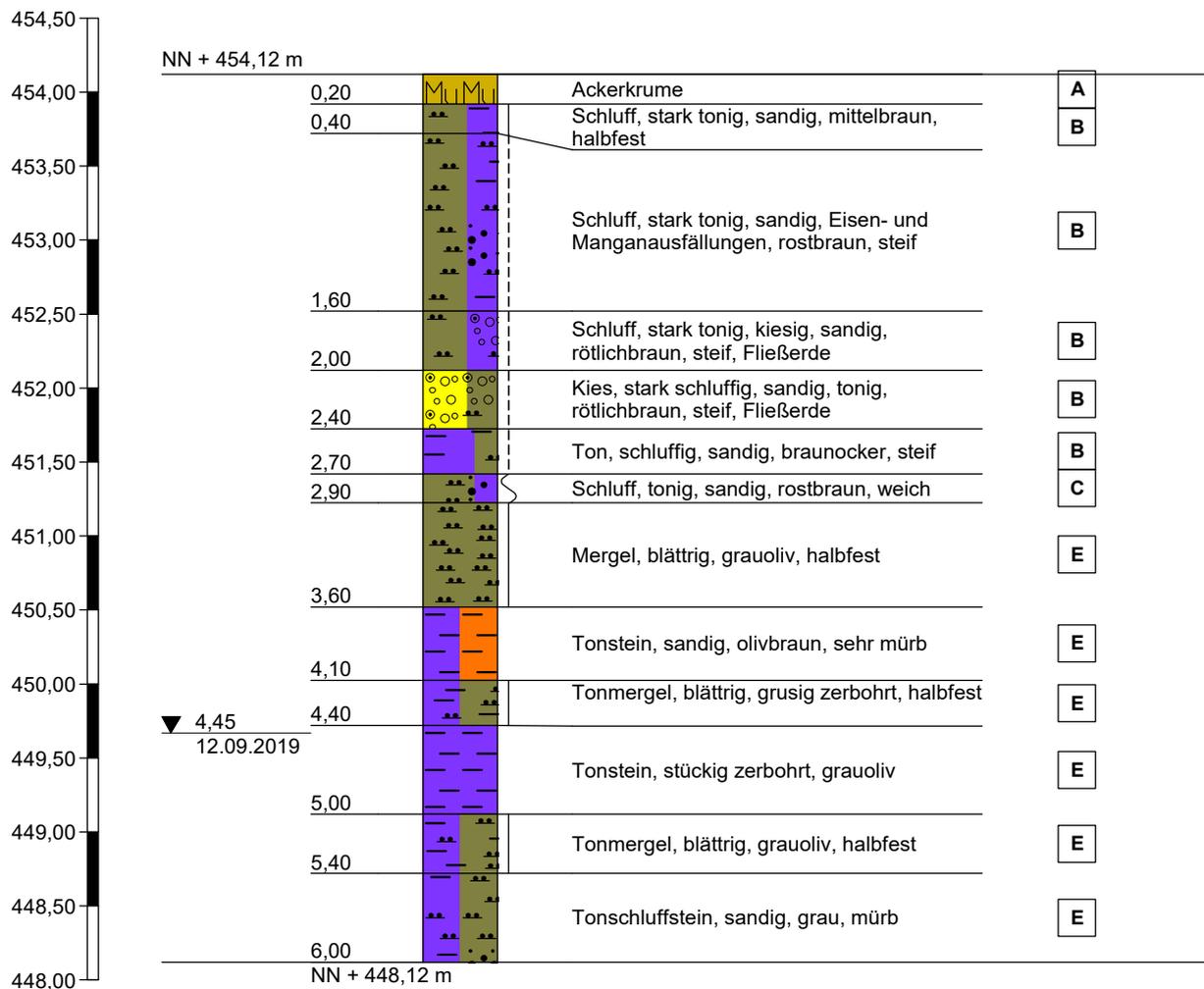
Projekt: 190704

Anlage 3.2

Datum: 11.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 2****Höhenmaßstab 1:50**

Bemerkung

Lage: Flst. 1815 Nord

Geologische Deutung:

0,00 m - 2,90 m Quartär

2,90 m - 6,00 m Lettenkeuper

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

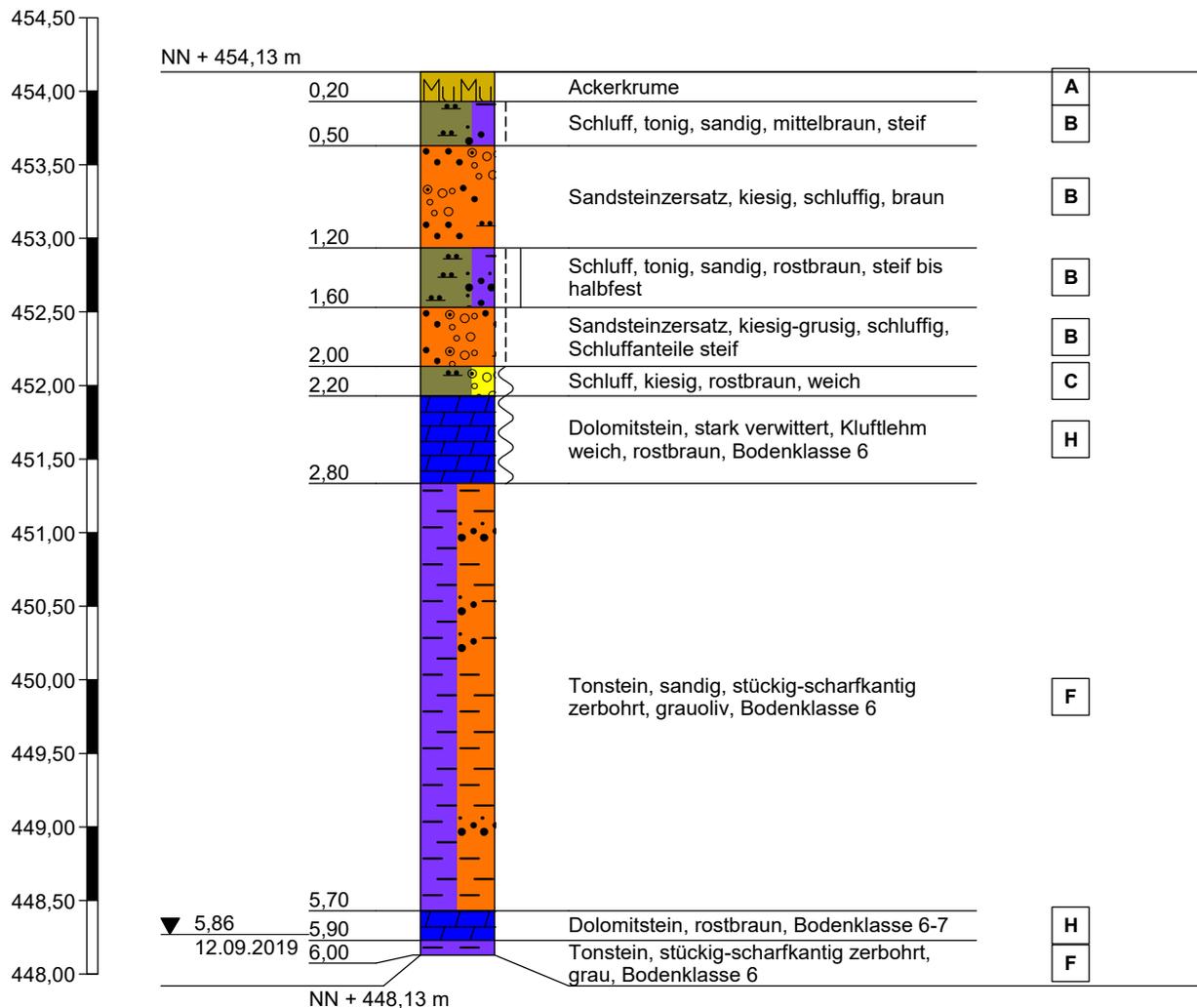
Projekt: 190704

Anlage 3.3

Datum: 11.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 3****Höhenmaßstab 1:50**

Bemerkung

Lage: Flst. 1822 Süd

Geologische Deutung:

0,00 m - 0,50 m Quartär

0,50 m - 6,00 m Lettenkeuper

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

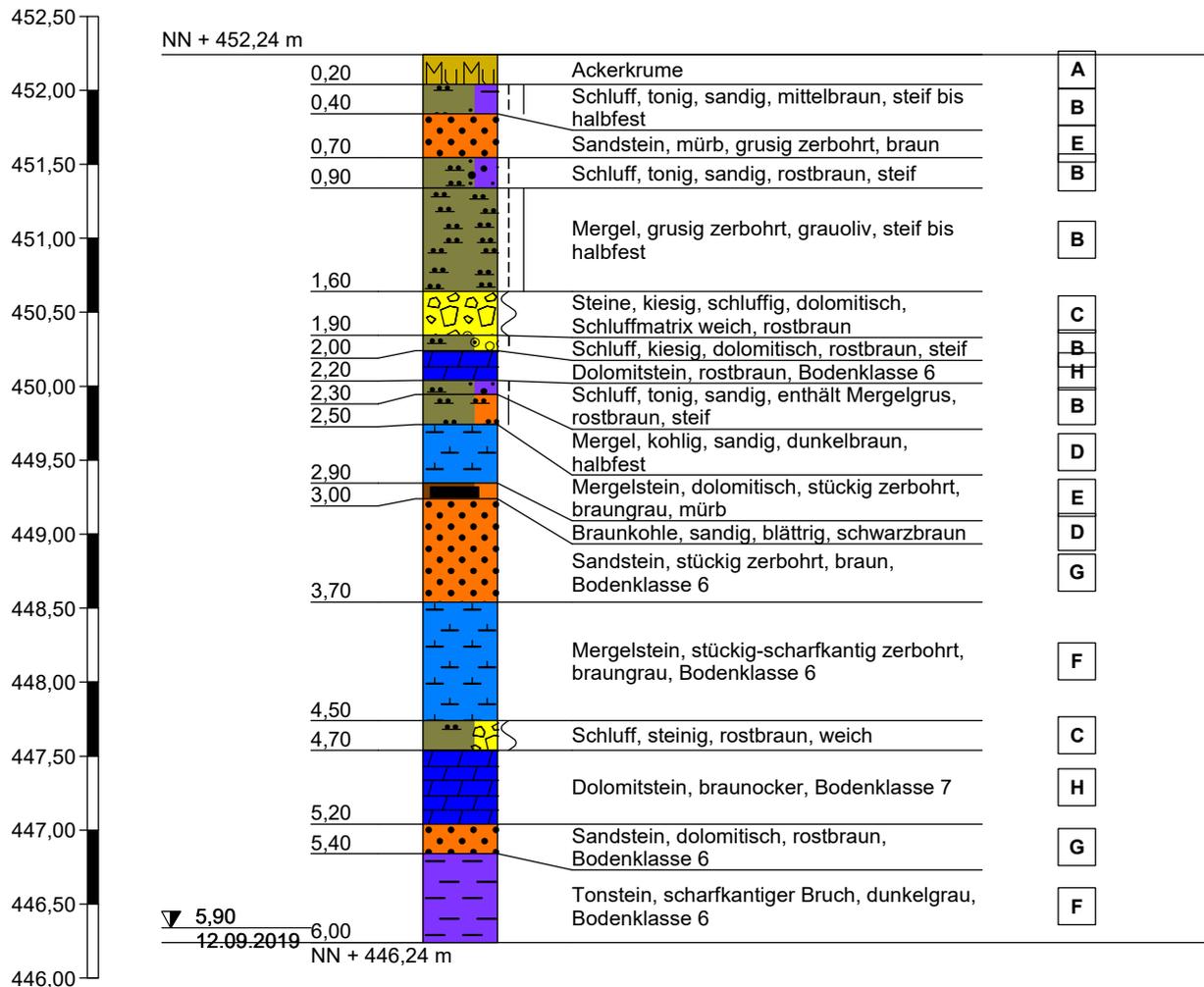
Projekt: 190704

Anlage 3.4

Datum: 11.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 4****Höhenmaßstab 1:50**

Bemerkung

Lage: Flst. 1815 Süd

Geologische Deutung:

0,00 m - 0,40 m Quartär

0,40 m - 6,00 m Lettenkeuper

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

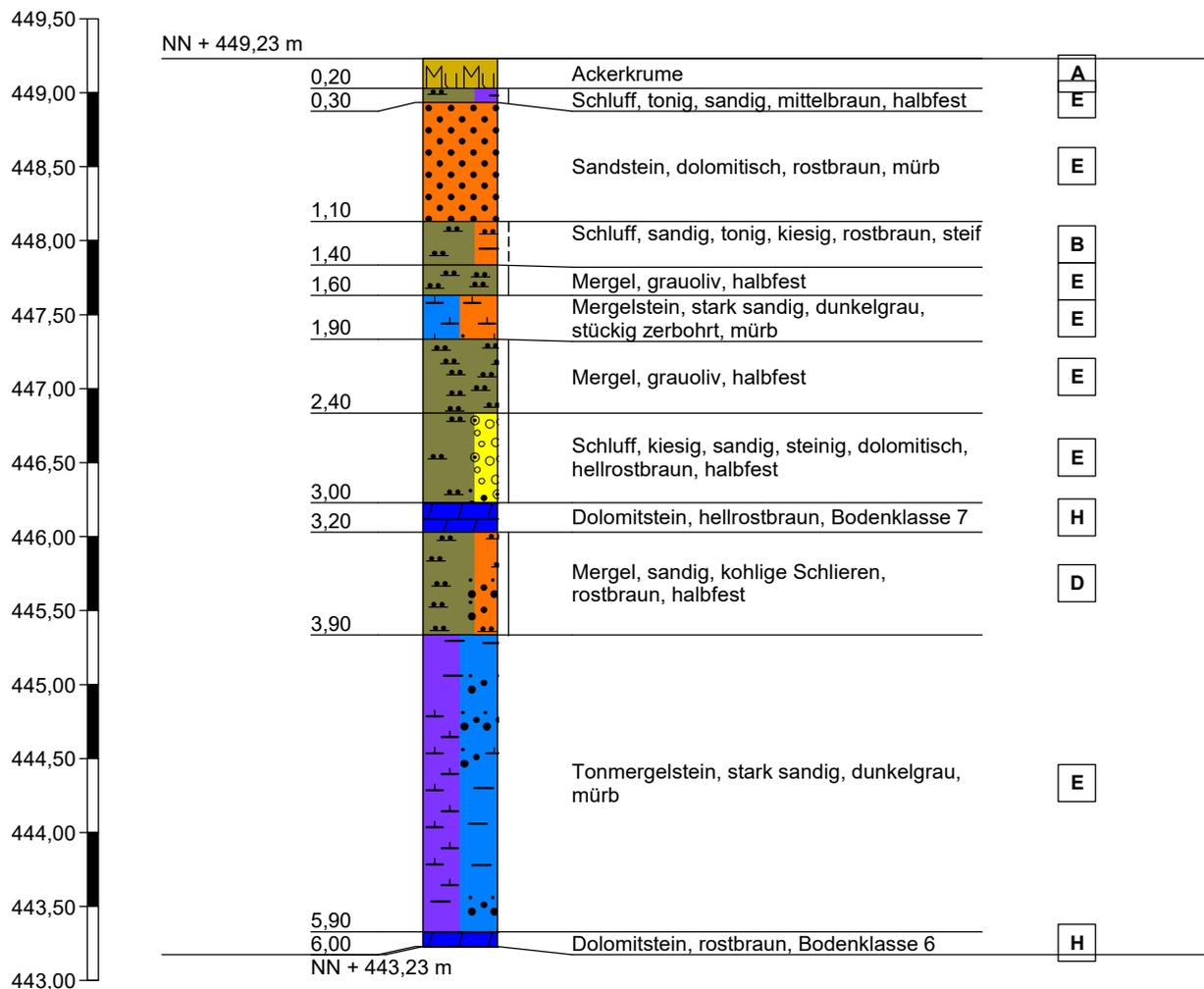
Projekt: 190704

Anlage 3.5

Datum: 12.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 5****Höhenmaßstab 1:50**

Bemerkung

Lage: Flst. 1840 Nordwestecke

Geologische Deutung:

0,00 m - 0,30 m Quartär

0,30 m - 6,00 m Lettenkeuper

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

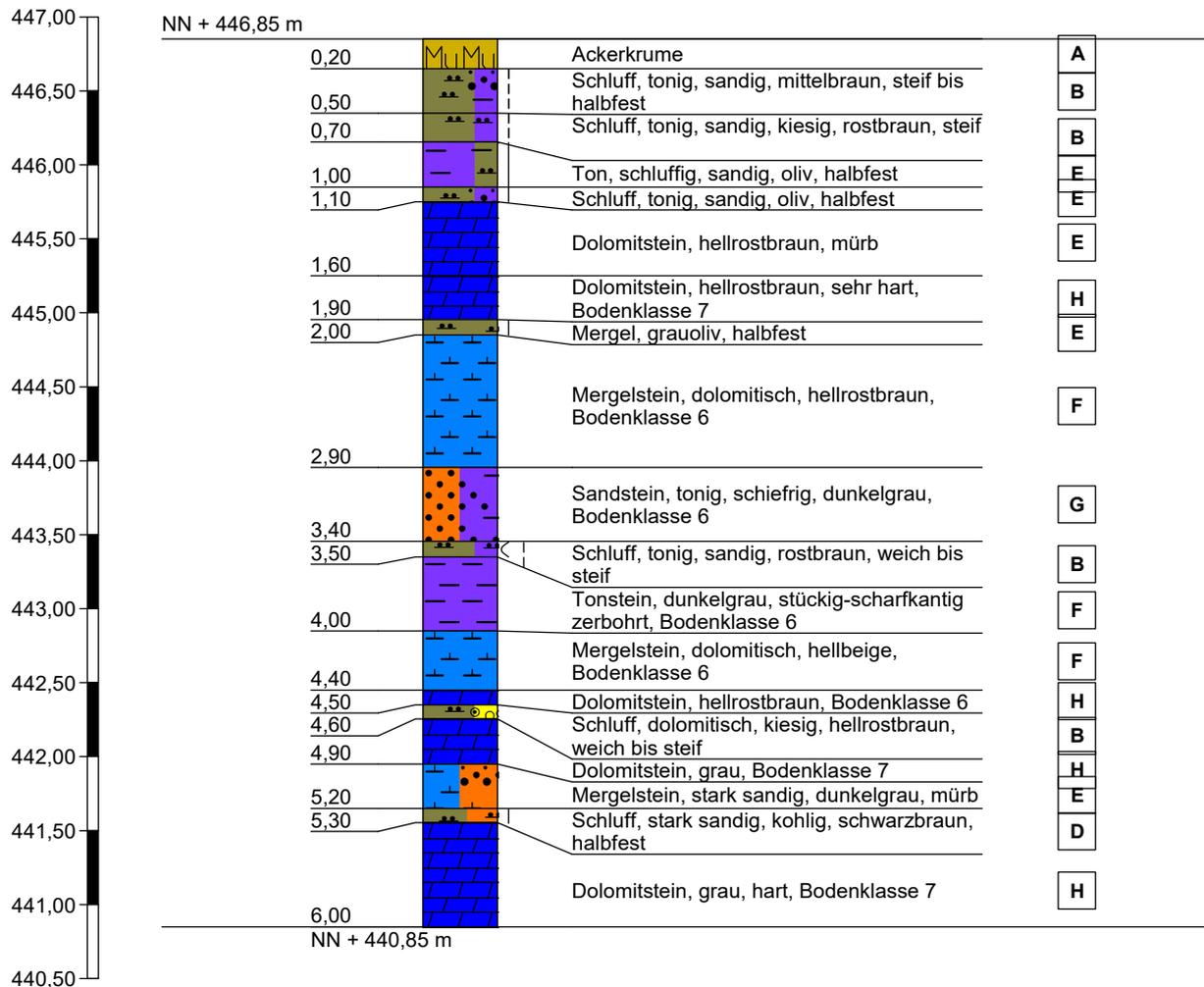
Projekt: 190704

Anlage 3.6

Datum: 12.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 6****Höhenmaßstab 1:50****Bemerkung**

Lage: Flst. 1837 Nordostecke

**Geologische Deutung:**

0,00 m - 0,70 m Quartär

0,70 m - 6,00 m Lettenkeuper

**B**BÜRO  
FÜR**G**GEOLOGIE  
UND**U**UMWELT-  
FRAGEN

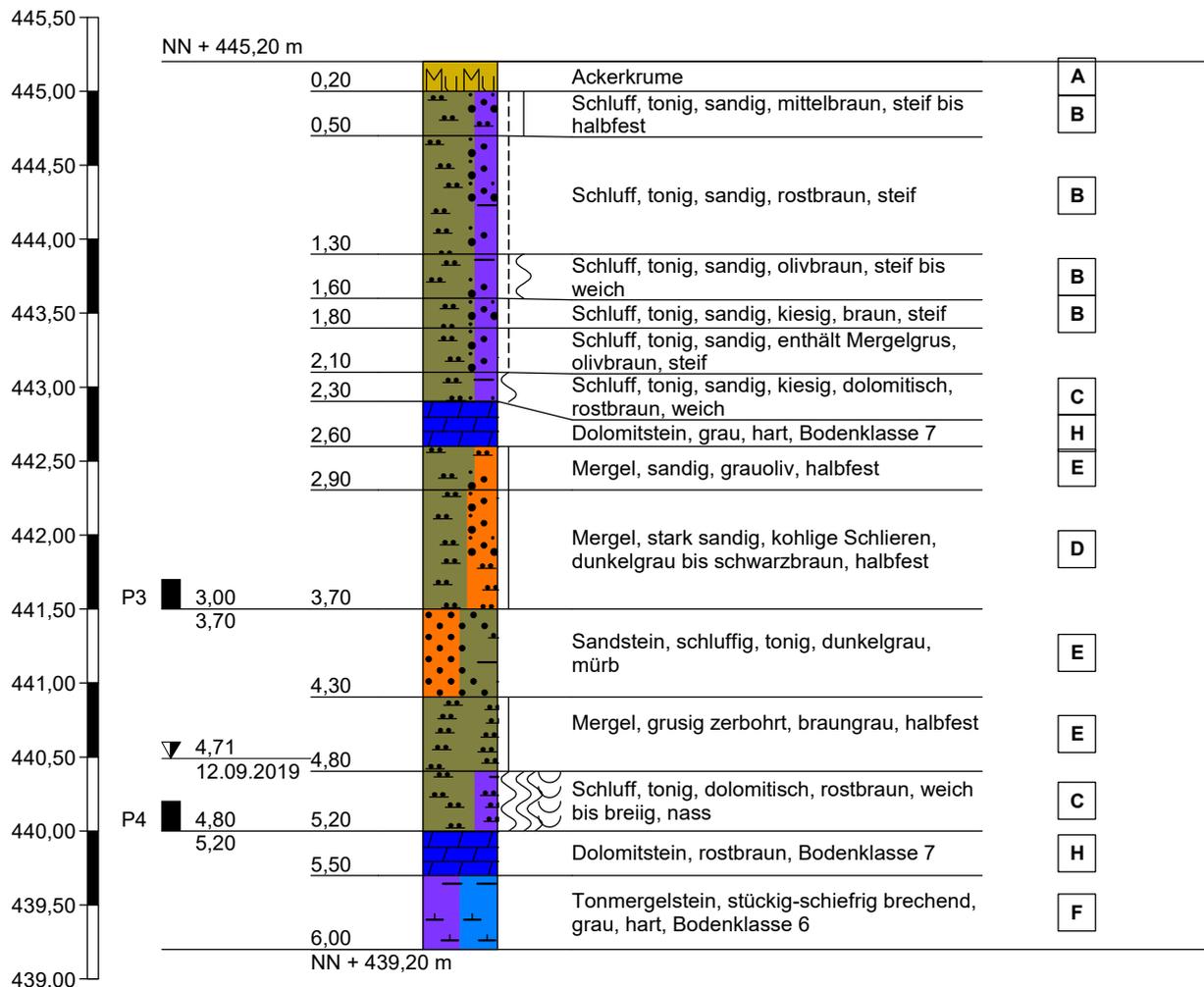
Projekt: 190704

Anlage 3.7

Datum: 12.09.2019

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wilhelm

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen****BK 7****Höhenmaßstab 1:50**

Bemerkung

Lage: Flst. 1838 Südostecke

Geologische Deutung:

0,00 m - 1,30 m Quartär

1,30 m - 6,00 m Lettenkeuper



## Bodenmechanische Kennwerte

### Quartär: Ackerkrume

Wichte	$\gamma$	= 18	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 25	°
Kohäsion	c	= 3	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 5	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	OU		
Homogenbereich	A		

### Quartär: Schluff, tonig, sandig

Wichte	$\gamma$	= 19	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 9	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 27	°
Kohäsion	c	= 3	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 10	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	TM - TA		
Homogenbereich	B		

### Lettenkeuper: Schluff, tonig, sandig, Mergel, bindig verwittert

Wichte	$\gamma$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 10	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 27	°
Kohäsion	c	= 3	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 12	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	TM - TA		
Homogenbereich	B		

### Lettenkeuper: Sandsteinersatz, kiesig, schluffig

Wichte	$\gamma$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 10	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 32	°
Kohäsion	c	= 2	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 15	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	GU*		
Homogenbereich	B		



### Bodenmechanische Kennwerte

#### Lettenkeuper, Quartär: Schluff, tonig, sandig, weich, breiig

Wichte	$\gamma$	= 19	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 9	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 24	°
Kohäsion	c	= 2	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 5	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	TA		
Homogenbereich	C		

#### Lettenkeuper: Schluff, tonig, sandig, kohlig; Mergel, kohlig

Wichte	$\gamma$	= 19	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 9	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 27	°
Kohäsion	c	= 3	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 10	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	OH		
Homogenbereich	D		

#### Lettenkeuper: halbfester Mergel, mürber Tonschluffstein, mürber Dolomitstein, mürber Sandstein

Wichte	$\gamma$	= 21	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 11	kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi$	= 30	°
Kohäsion	c	= 2	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 15	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	TM; SU		
Homogenbereich	E		

#### Lettenkeuper: Tonstein, Tonmergelstein

Wichte	$\gamma$	= 25	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 15	kN/m <sup>3</sup>
Ersatzreibungswinkel	$\varphi$	= 40	°
Kohäsion	c	= 0	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 150	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	Bodenklasse 6		
Homogenbereich	F		



### **Bodenmechanische Kennwerte**

#### **Lettenkeuper: Sandstein, felsartig**

Wichte	$\gamma$	= 24	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 14	kN/m <sup>3</sup>
Ersatzreibungswinkel	$\varphi$	= 40	°
Kohäsion	c	= 0	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 150	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	Bodenklasse 6		
Homogenbereich	G		

#### **Lettenkeuper: Dolomitstein, felsartig**

Wichte	$\gamma$	= 25	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	= 15	kN/m <sup>3</sup>
Ersatzreibungswinkel	$\varphi$	= 45	°
Kohäsion	c	= 0	kN/m <sup>2</sup>
Steifeziffer	Es	= 300	MN/m <sup>2</sup>
Bodengruppe	Bodenklasse 6 - 7		
Homogenbereich	H		

Grundlagen für die Einteilung in Homogenbereiche

Angaben aus Erfahrungswerten abgeschätzt

Nr.	Kennwerte/Eigenschaften	Homogenbereich A	Homogenbereich B
1	Korngrößenverteilung	U, t, s, o	U, t, s; GU*
2a	Anteil an Steinen	keine	keine; ca. 5 %
2b	Anteil an Blöcken	keine	keine
2c	Anteil an großen Blöcken	keine	keine
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	entfällt	Dolomitstein
4	Dichte	1,8 t/m <sup>3</sup>	1,9 t/m <sup>3</sup>
5	Kohäsion	3 kN/m <sup>2</sup>	3 kN/m <sup>2</sup>
6	einaxiale Druckfestigkeit	entfällt	0,10 - 0,27 MN/m <sup>2</sup>
7	Sensitivität	n.b.	n.b.
8	Wassergehalt	ca. 20 %	20 - 25 %
9	Konsistenz	halbfest*	steif, steif bis weich
10	Konsistenzzahl	> 1,0*	0,62 - 0,79
11	Liquiditätszahl	n.b.	0,21 - 0,79
12	Plastizitätszahl	n.b.	24,34 - 35,93
13	Durchlässigkeit	5x10 <sup>-5</sup> m/s	1x10 <sup>-6</sup> m/s
14	Lagerungsdichte	DPr > 90 %	DPr > 97 %
15	Kalkgehalt	n.b.	n.b.
16	Sulfatgehalt	n.b.	n.b.
17	organischer Anteil	ca. 5 %	< 5 %
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	n.b.	n.b.
19	Abrasivität	kaum abrasiv	schwach abrasiv
20	Bodengruppe	OU	TM - TA
21	ortsübliche Bezeichnung	Ackerkrume	Verwitterungsschluff

\* zum Zeitpunkt der Untersuchungen  
n.b. = nicht bestimmt

Abweichungen von den anhand von Erfahrungswerten abgeschätzten Kennzahlen sind möglich und aufgrund von Inhomogenitäten in Böden auch zu erwarten

Grundlagen für die Einteilung in Homogenbereiche

Angaben aus Erfahrungswerten abgeschätzt

Nr.	Kennwerte/Eigenschaften	Homogenbereich C	Homogenbereich D
1	Korngrößenverteilung	U, t, s	U, t, s, kohlig
2a	Anteil an Steinen	keine	keine
2b	Anteil an Blöcken	keine	keine
2c	Anteil an großen Blöcken	keine	keine
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	entfällt	entfällt
4	Dichte	1,9 t/m <sup>3</sup>	1,9 t/m <sup>3</sup>
5	Kohäsion	2 kN/m <sup>2</sup>	3 kN/m <sup>2</sup>
6	einaxiale Druckfestigkeit	> 0,01 MN/m <sup>2</sup>	0,15 - 0,25 MN/m <sup>2</sup>
7	Sensitivität	n.b.	n.b.
8	Wassergehalt	ca. 25 - 40 %	ca. 15 %
9	Konsistenz	breiig; weich	halbfest
10	Konsistenzzahl	0,49	1,12
11	Liquiditätszahl	0,51	-0,12
12	Plastizitätszahl	38,26	19,72
13	Durchlässigkeit	1x10 <sup>-6</sup> m/s	1x10 <sup>-7</sup> m/s
14	Lagerungsdichte	DPr > 97 %	DPr > 97 %
15	Kalkgehalt	n.b.	n.b.
16	Sulfatgehalt	n.b.	n.b.
17	organischer Anteil	< 5 %	5% und größer
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	n.b.	n.b.
19	Abrasivität	kaum abrasiv	schwach abrasiv
20	Bodengruppe	TA	TM
21	ortsübliche Bezeichnung	Verwitterungsschluff	Mergel, kohlig

\* zum Zeitpunkt der Untersuchungen  
n.b. = nicht bestimmt

Abweichungen von den anhand von Erfahrungswerten abgeschätzten Kennzahlen sind möglich und aufgrund von Inhomogenitäten in Böden auch zu erwarten

Grundlagen für die Einteilung in Homogenbereiche

Angaben aus Erfahrungswerten abgeschätzt

Nr.	Kennwerte/Eigenschaften	Homogenbereich E	Homogenbereich F
1	Korngrößenverteilung	U, t, s *	Ton u. Tonmergelstein
2a	Anteil an Steinen	keine	ca. 10 %
2b	Anteil an Blöcken	keine	keine
2c	Anteil an großen Blöcken	keine	keine
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	entfällt	Tonstein
4	Dichte	2,1 t/m <sup>3</sup>	2,5 t/m <sup>3</sup>
5	Kohäsion	2 kN/m <sup>2</sup>	2 kN/m <sup>2</sup>
6	einaxiale Druckfestigkeit	0,1 - 0,2 MN/m <sup>2</sup>	5 - 10 MN/m <sup>2</sup>
7	Sensitivität	n.b.	n.b.
8	Wassergehalt	ca. 18 %	ca. 10 %
9	Konsistenz	halbfest; mürb	felsartig
10	Konsistenzzahl	> 1,0	> 1,0
11	Plastizität	n.b.	n.b.
12	Plastizitätszahl	n.b.	n.b.
13	Durchlässigkeit	1x10 <sup>-7</sup> m/s	1x10 <sup>-7</sup> m/s
14	Lagerungsdichte	DPr > 97 %	DPr > 97 %
15	Kalkgehalt	n.b.	n.b.
16	Sulfatgehalt	n.b.	n.b.
17	organischer Anteil	< 5 %	< 1 %
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	n.b.	n.b.
19	Abrasivität	abrasiv	abrasiv
20	Bodengruppe	TM; SU	Bodenklasse 6
21	ortsübliche Bezeichnung	Mergel	Tonstein

\* zusätzlich müber Sandstein,  
mürber Dolomitstein, mürber  
Tonschluffstein  
n.b. = nicht bestimmt

Abweichungen von den anhand von Erfahrungswerten abgeschätzten Kennzahlen sind möglich und aufgrund von Inhomogenitäten in Böden auch zu erwarten

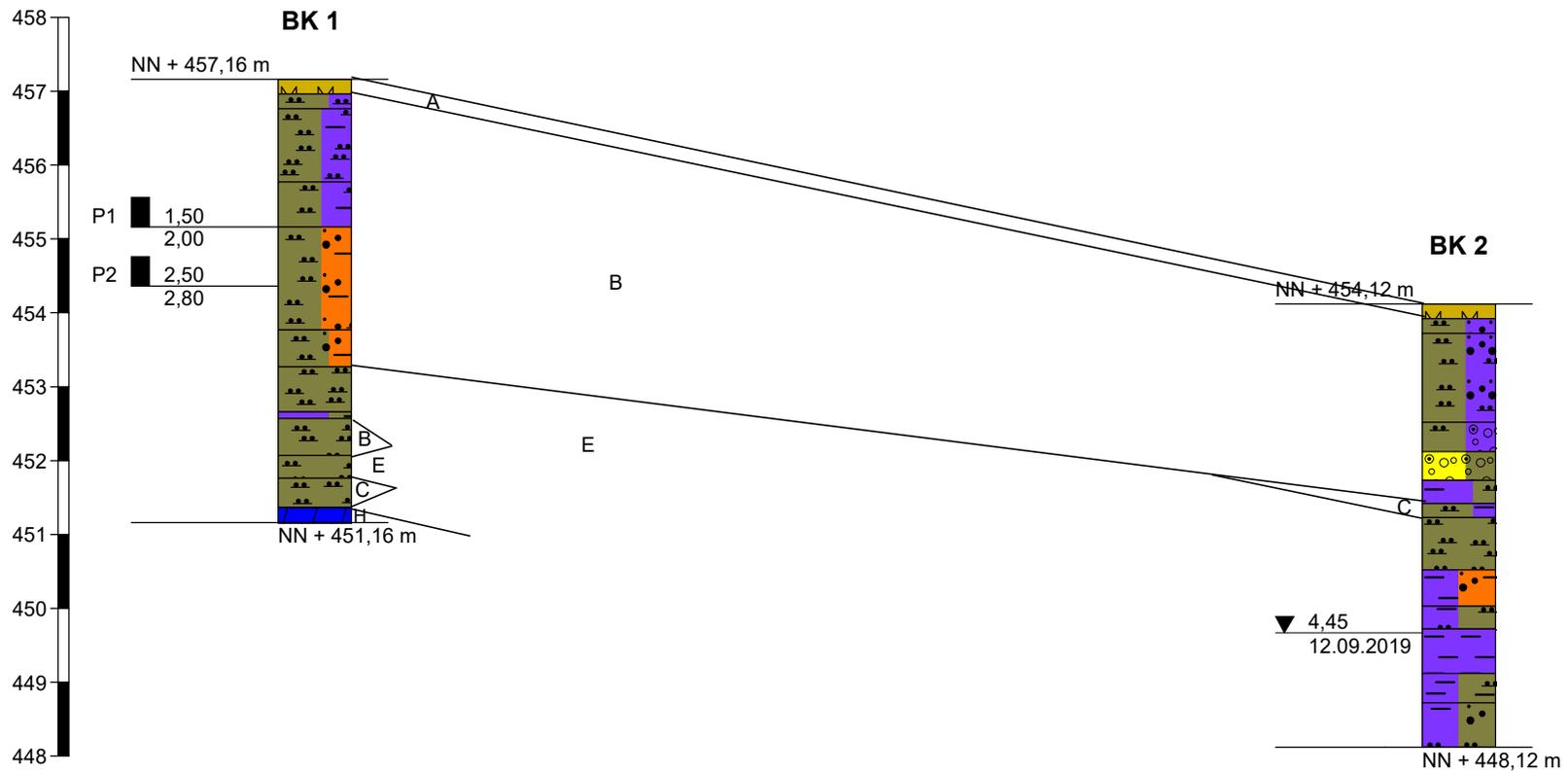
Grundlagen für die Einteilung in Homogenbereiche

Angaben aus Erfahrungswerten abgeschätzt

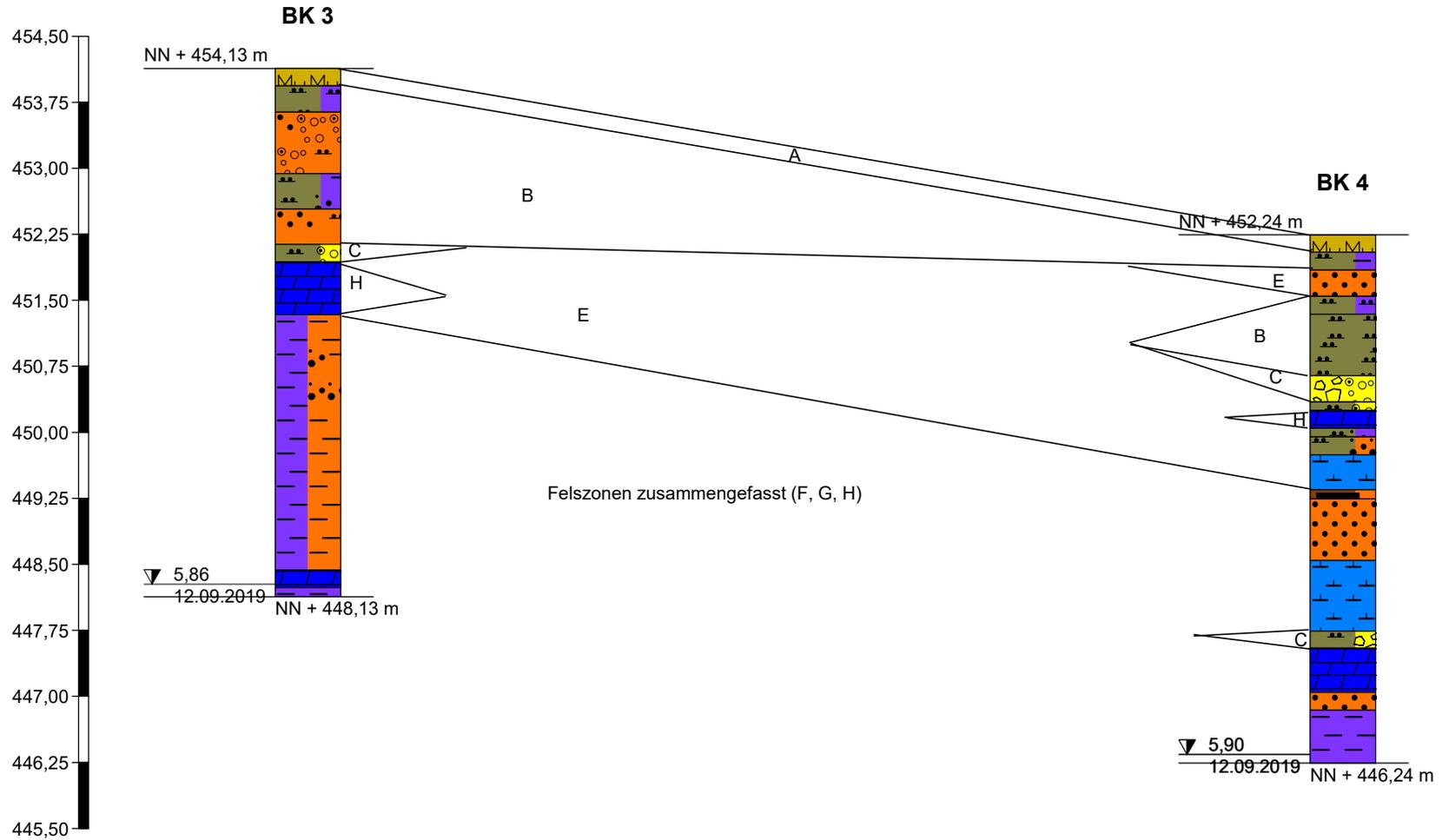
Nr.	Kennwerte/Eigenschaften	Homogenbereich G	Homogenbereich H
1	Korngrößenverteilung	Sandstein	Dolomitstein
2a	Anteil an Steinen	keine	keine
2b	Anteil an Blöcken	keine	keine
2c	Anteil an großen Blöcken	keine	blockig brechend
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	Sandstein, tonig	Dolomitstein
4	Dichte	2,4 t/m <sup>3</sup>	2,5 t/m <sup>3</sup>
5	Kohäsion	keine	keine
6	einaxiale Druckfestigkeit	10 - 15 MN/m <sup>2</sup>	50 - 100 MN/m <sup>2</sup>
7	Sensitivität	n.b.	n.b.
8	Wassergehalt	ca. 15 %	< 10 %
9	Konsistenz	felsartig	felsartig
10	Konsistenzzahl	n.b.	n.b.
11	Plastizität	n.b.	n.b.
12	Plastizitätszahl	n.b.	n.b.
13	Durchlässigkeit	1x10 <sup>-7</sup> m/s	1x10 <sup>-7</sup> m/s
14	Lagerungsdichte	DPr > 97 %	DPr > 97 %
15	Kalkgehalt	n.b.	n.b.
16	Sulfatgehalt	n.b.	n.b.
17	organischer Anteil	< 5 %	< 1 %
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	n.b.	n.b.
19	Abrasivität	stark abrasiv	stark abrasiv
20	Bodengruppe	Bodenklasse 6	Bodenklasse 6 - 7
21	ortsübliche Bezeichnung	Sandstein	Dolomitstein

\* zusätzlich müber Sandstein,  
mürber Dolomitstein, mürber  
Tonschluffstein  
n.b. = nicht bestimmt

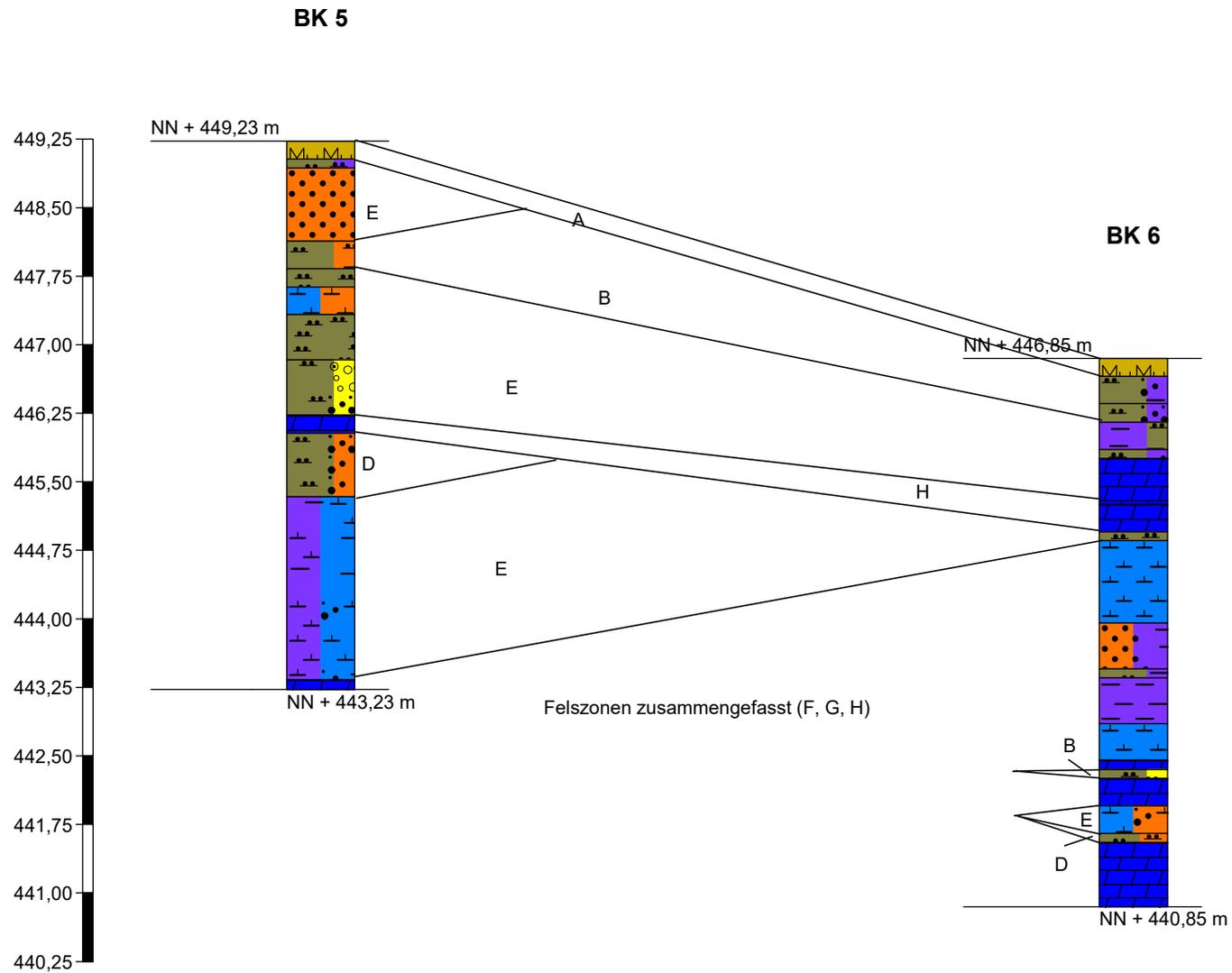
**Einteilung der Homogenbereiche BK1-BK2 Horizontaler Maßstab 1:750 Vertikaler Maßstab 1:100**



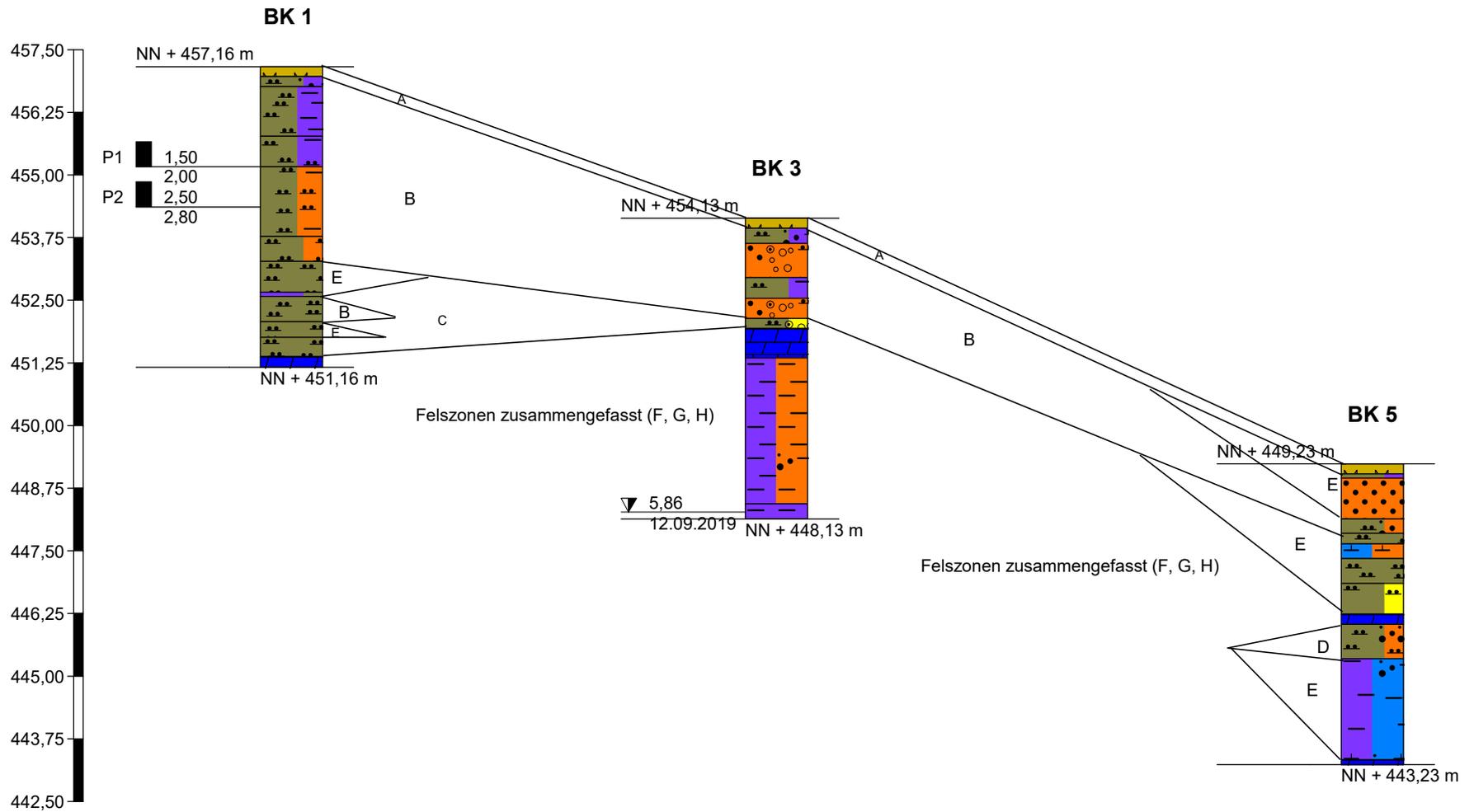
**Einteilung der Homogenbereiche BK3-BK4 Horizontaler Maßstab 1:750 Vertikaler Maßstab 1:75**



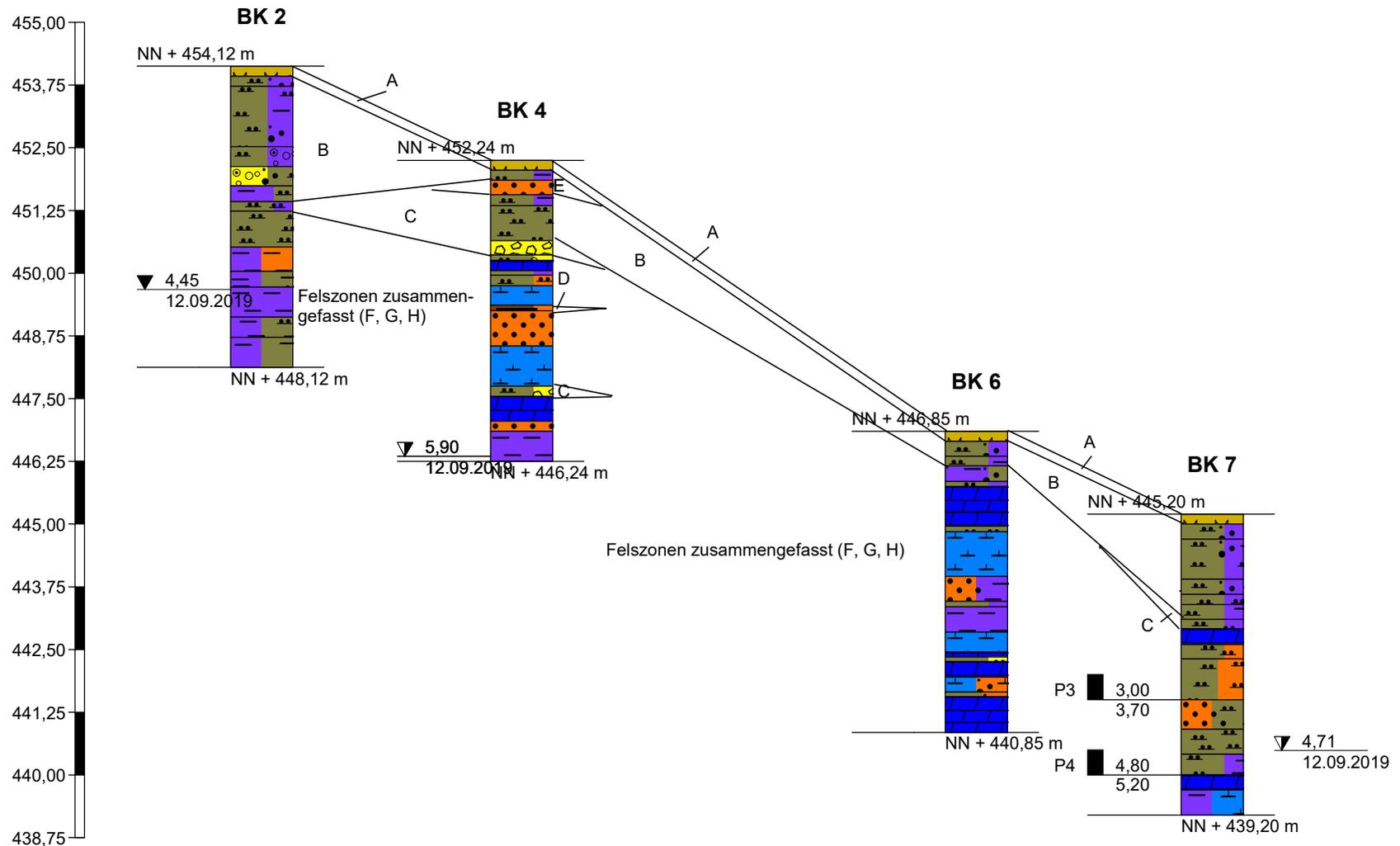
**Einteilung Homogenbereiche BK5-BK6 Horizontaler Maßstab 1:750 Vertikaler Maßstab 1:75**



**Einteilung Homogenbereiche BK1-BK3-BK5 Horizontaler Maßstab 1:1000 Vertikaler Maßstab 1:125**



**Einteilung Homogenbereiche BK2-BK4-BK6-BK7 Horizontaler Maßstab 1:1500 Vertikaler Maßstab 1:125**



BK 1

BK 2

BK 3

BK 4

BK 5

BK 6

BK 7



Untersuchungsbericht 190404, Anlage 6  
Grundwassergleichenplan (m ü. NN)  
Stichtag 12.09.19

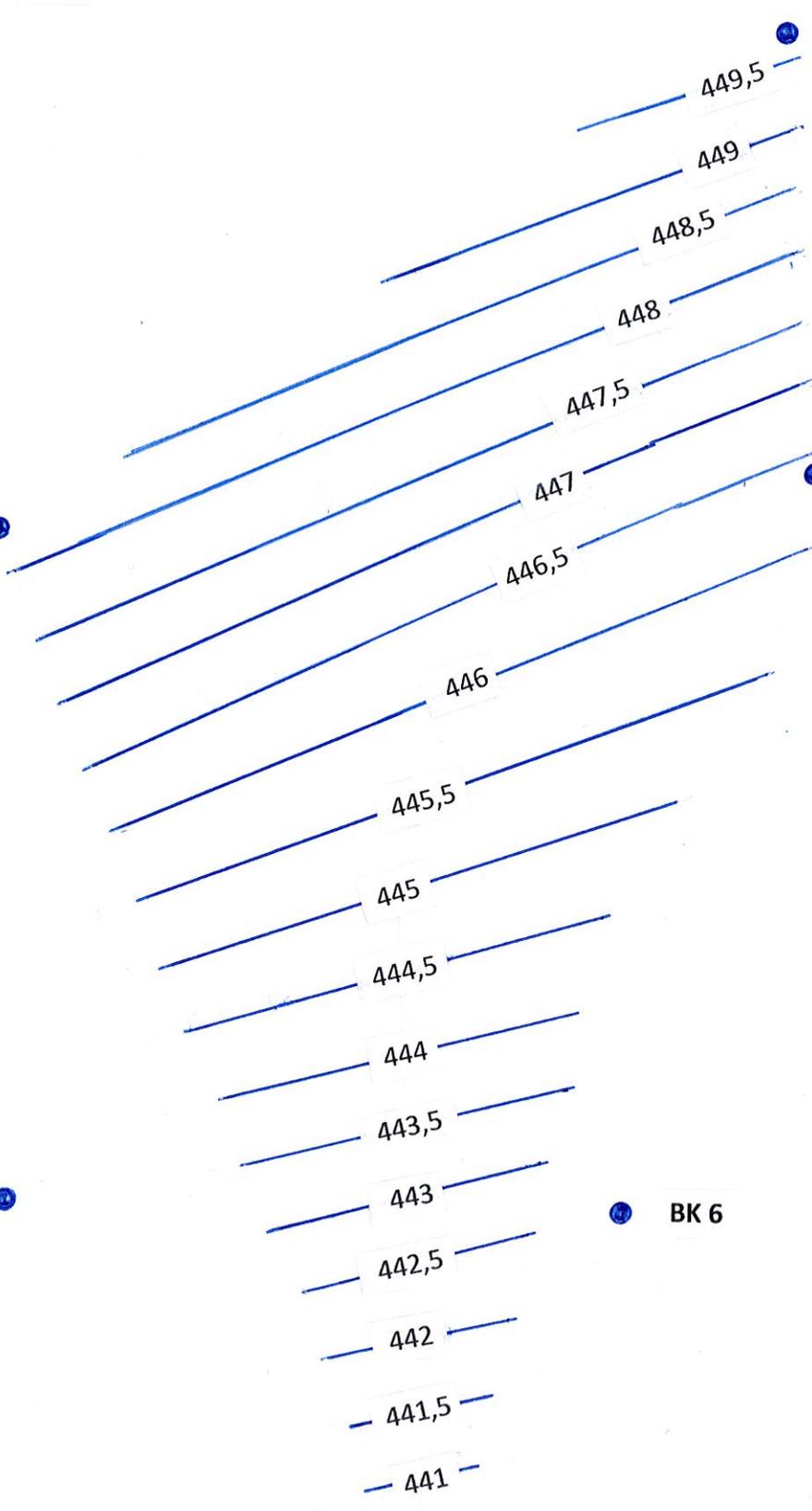




Bild 1: Bohrung BK 1.



Bild 2: Bohrung BK 2.



Bild 3: Bohrung BK 3.



Bild 4: Bohrung BK 4.



Bild 5: Bohrung BK 5.



Bild 6: Bohrung BK 6.



Bild 7: Bohrung BK 7.

# **Beilage: 1**

Laborberichte  
Bodenmechanische Untersuchungen Test2safe AG

11 Seiten

## Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenpfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704  
 Projektzeichen: T9048-MLU  
 Kennzeichen: AT001  
 Entnommen durch: Entnahmedatum: 11.09.2019  
 Ausgeführt durch: Anja Miller  
 Prüfdatum: 19.09.2019  
 Entnahmestelle: BK 1, P 1  
 Entnahmetiefe: 1,5 m bis 2,0 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Bodenart:

Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-12  
 Entnahmeart: gestört

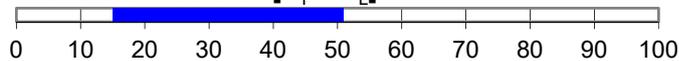
### Fließgrenze [ $w_L$ ]

Versuch	1	2	3	4
Schlagzahl	39	28	23	13
Wassergehalt [%]	48,14	50,22	51,49	55,43

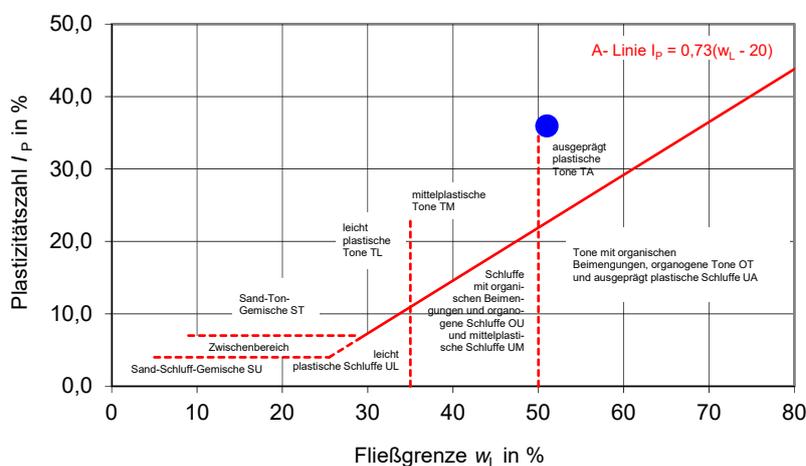
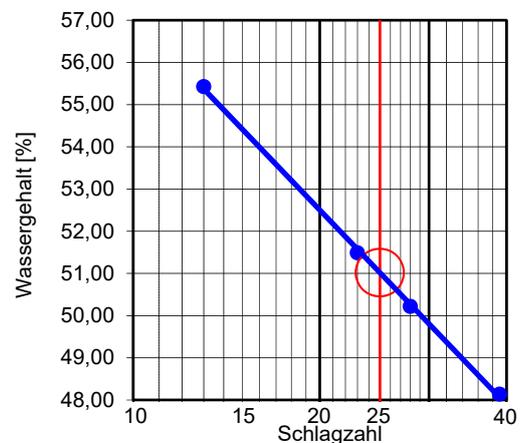
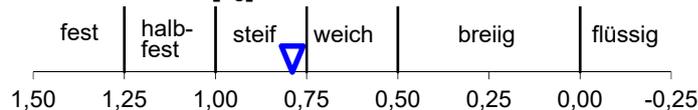
### Ausrollgrenze [ $w_P$ ]

Versuch	1	2
Wassergehalt [%]	15,28	14,90

### Konsistenzbereich [ $w_P - w_L$ ]



### Zustandsform [ $I_C$ ]



Fließgrenze [ $w_L$ ]	51,02%
Ausrollgrenze [ $w_P$ ]	15,09%
Wassergehalt [ $w$ ]	22,65%
Überkornanteil [ $\ddot{u}$ ]	-/-
Plastizitätszahl [ $I_P$ ]	35,93%
Konsistenzzahl [ $I_C$ ]	0,79
Liquiditätszahl [ $I_L$ ]	0,21

## Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenpfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704  
 Projektzeichen: T9048-MLU  
 Kennzeichen: AT002  
 Entnommen durch: Entnahmedatum: 11.09.2019  
 Ausgeführt durch: Anja Miller  
 Prüfdatum: 19.09.2019  
 Entnahmestelle: BK 1, P 2  
 Entnahmetiefe: 2,5 m bis 2,8 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Bodenart:

Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-12  
 Entnahmeart: gestört

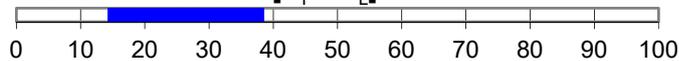
### Fließgrenze [ $w_L$ ]

Versuch	1	2	3	4
Schlagzahl	40	29	20	13
Wassergehalt [%]	36,50	37,48	39,61	41,99

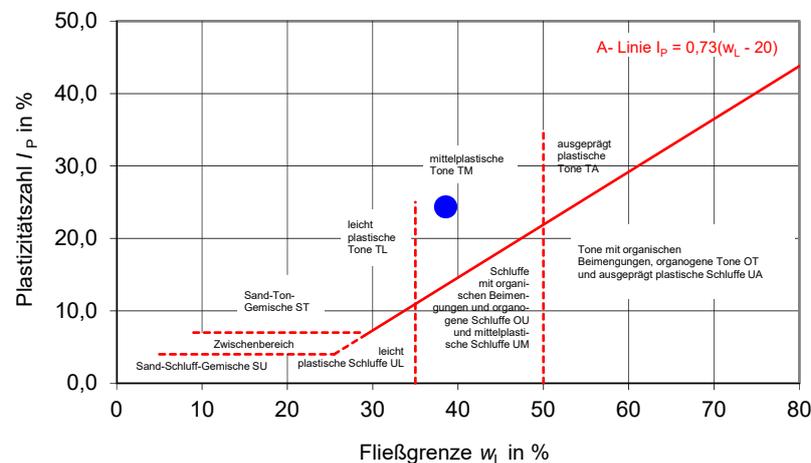
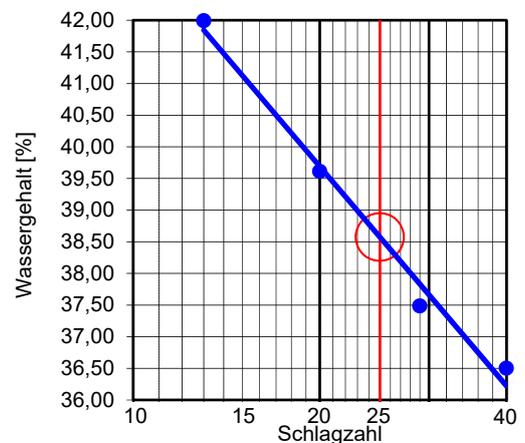
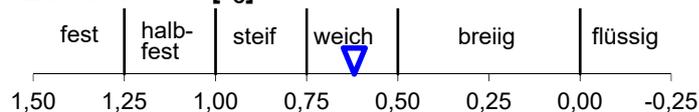
### Ausrollgrenze [ $w_P$ ]

Versuch	1	2
Wassergehalt [%]	14,23	14,24

### Konsistenzbereich [ $w_P - w_L$ ]



### Zustandsform [ $I_C$ ]



**Fließgrenze [ $w_L$ ]** 38,57%  
**Ausrollgrenze [ $w_P$ ]** 14,23%  
**Wassergehalt [ $w$ ]** 23,49%  
**Überkornanteil [ $\ddot{u}$ ]** -/  
**Plastizitätszahl [ $I_P$ ]** 24,34%  
**Konsistenzzahl [ $I_C$ ]** 0,62  
**Liquiditätszahl [ $I_L$ ]** 0,38

## Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenpfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704  
 Projektzeichen: T9048-MLU  
 Kennzeichen: AT003  
 Entnommen durch: Entnahmedatum: 12.09.2019  
 Ausgeführt durch: Anja Miller  
 Prüfdatum: 19.09.2019  
 Entnahmestelle: BK 7, P 3  
 Entnahmetiefe: 3,0 m bis 3,7 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Bodenart:

Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-12  
 Entnahmeart: gestört

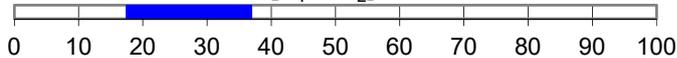
### Fließgrenze [ $w_L$ ]

Versuch	1	2	3	4
Schlagzahl	35	27	20	13
Wassergehalt [%]	35,96	36,86	37,71	39,57

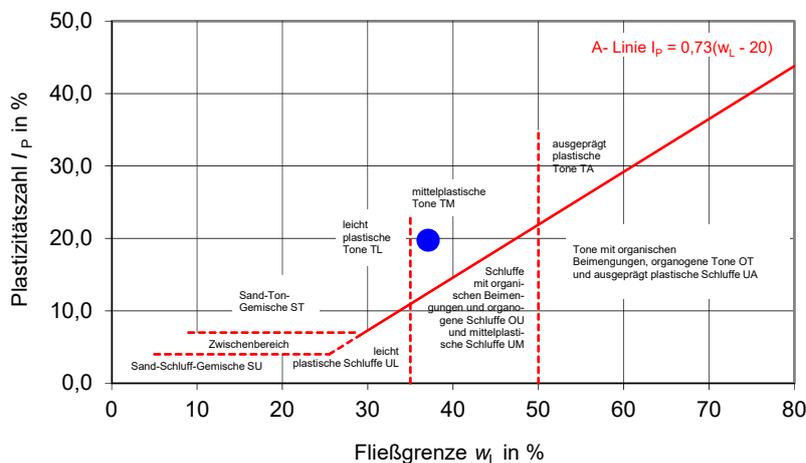
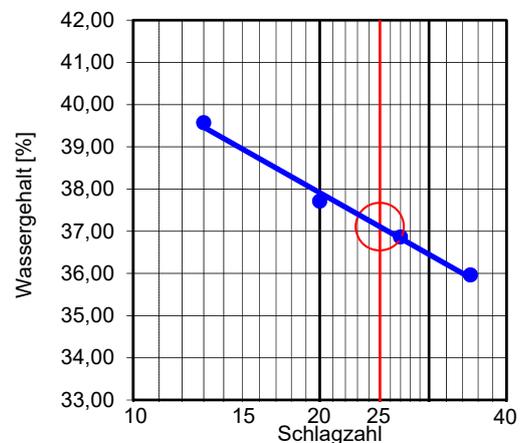
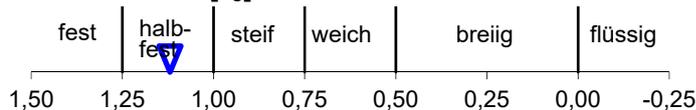
### Ausrollgrenze [ $w_P$ ]

Versuch	1	2
Wassergehalt [%]	17,41	17,36

### Konsistenzbereich [ $w_P - w_L$ ]



### Zustandsform [ $I_C$ ]



Fließgrenze [ $w_L$ ]	37,11%
Ausrollgrenze [ $w_P$ ]	17,38%
Wassergehalt [ $w$ ]	15,03%
Überkornanteil [ $\ddot{u}$ ]	-/-
Plastizitätszahl [ $I_P$ ]	19,72%
Konsistenzzahl [ $I_C$ ]	1,12
Liquiditätszahl [ $I_L$ ]	-0,12

## Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenpfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704  
 Projektzeichen: T9048-MLU  
 Kennzeichen: AT004  
 Entnommen durch: Entnahmedatum: 12.09.2019  
 Ausgeführt durch: Anja Miller  
 Prüfdatum: 19.09.2019  
 Entnahmestelle: BK 7, P 4  
 Entnahmetiefe: 4,8 m bis 5,2 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Bodenart:

Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-12  
 Entnahmeart: gestört

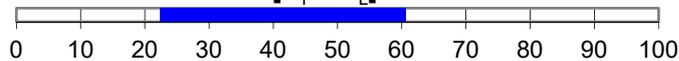
### Fließgrenze [ $w_L$ ]

Versuch	1	2	3	4
Schlagzahl	36	27	20	14
Wassergehalt [%]	58,35	59,96	62,25	64,59

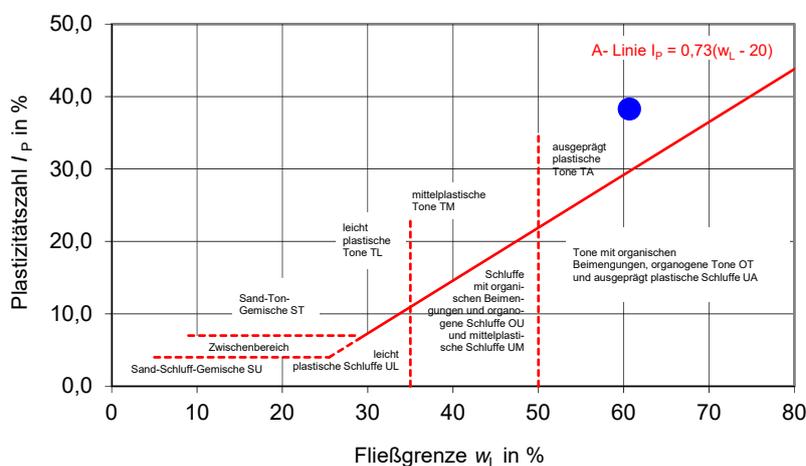
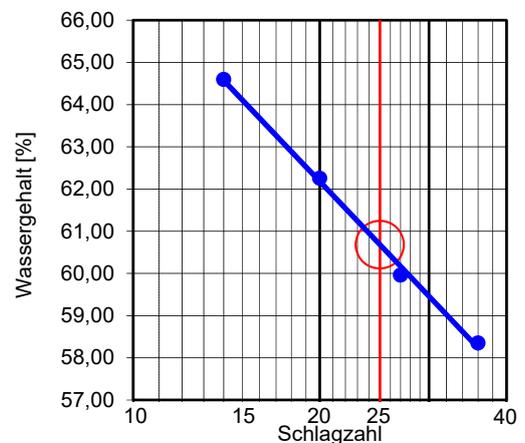
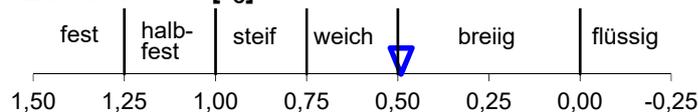
### Ausrollgrenze [ $w_P$ ]

Versuch	1	2
Wassergehalt [%]	22,50	22,36

### Konsistenzbereich [ $w_P - w_L$ ]



### Zustandsform [ $I_C$ ]



**Fließgrenze [ $w_L$ ]** 60,68%  
**Ausrollgrenze [ $w_P$ ]** 22,43%  
**Wassergehalt [ $w$ ]** 41,90%  
**Überkornanteil [ $ü$ ]** 4,13%  
**Plastizitätszahl [ $I_P$ ]** 38,26%  
**Konsistenzzahl [ $I_C$ ]** 0,49  
**Liquiditätszahl [ $I_L$ ]** 0,51

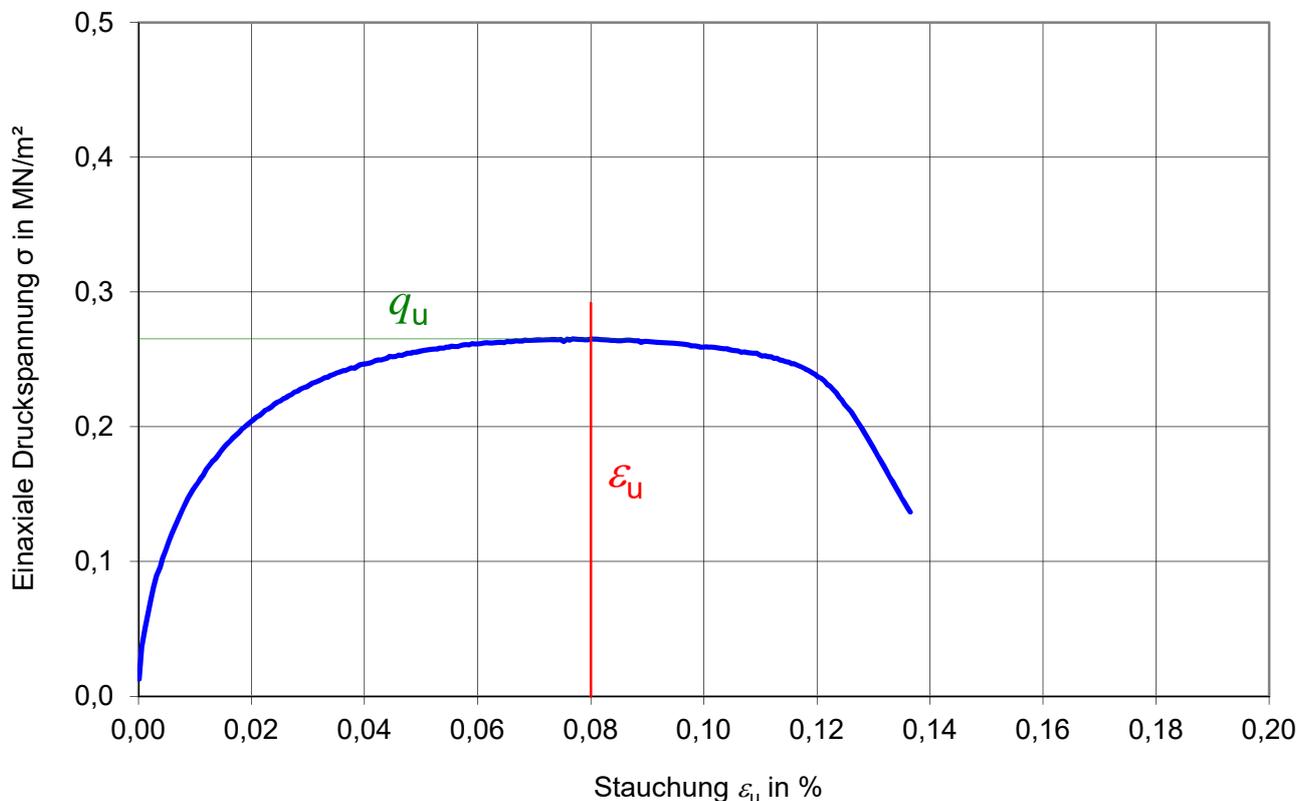
## Einaxialer Druckversuch

Projektzeichen:	Gz T9048-MLU	Kennzeichen:	ED001
Auftraggeber:	BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn		
Projekt:	Leimental 190704		
Entnahmestelle:	BK 1, P 1		
Entnahmetiefe:	1,5 m bis 2,0 m unter Oberkante Ansatzpunkt		
Entnahmeart:	gestört		
Probenahme am:	11.09.2019	Probenahme durch:	Bohrunternehmen
Prüfdatum:	17.09.2019	Prüfung durch:	Andreas Becker
Prüfverfahren:	DIN 18136 - E	Güteklasse nach DIN 4021:	1

### Probekörper:

Dichte Versuchsbeginn $\rho$ :	2,066 Mg/m <sup>3</sup>	Dehnungsgeschwindigkeit:	1,000 mm/min
Anfangsdurchmesser $d_a$ :	50,0 mm	Einaxiale Druckfestigkeit $q_u$ :	0,27 MN/m <sup>2</sup>
Anfangshöhe $h_a$ :	100,0 mm	Einaxiales Modul $E_u$ :	36,49 MN/m <sup>2</sup>
Wassergehalt $w$ :	22,2 %	Bruchdehnung $\varepsilon_u$ :	8,00 %

### Druck - Stauchungsdiagramm



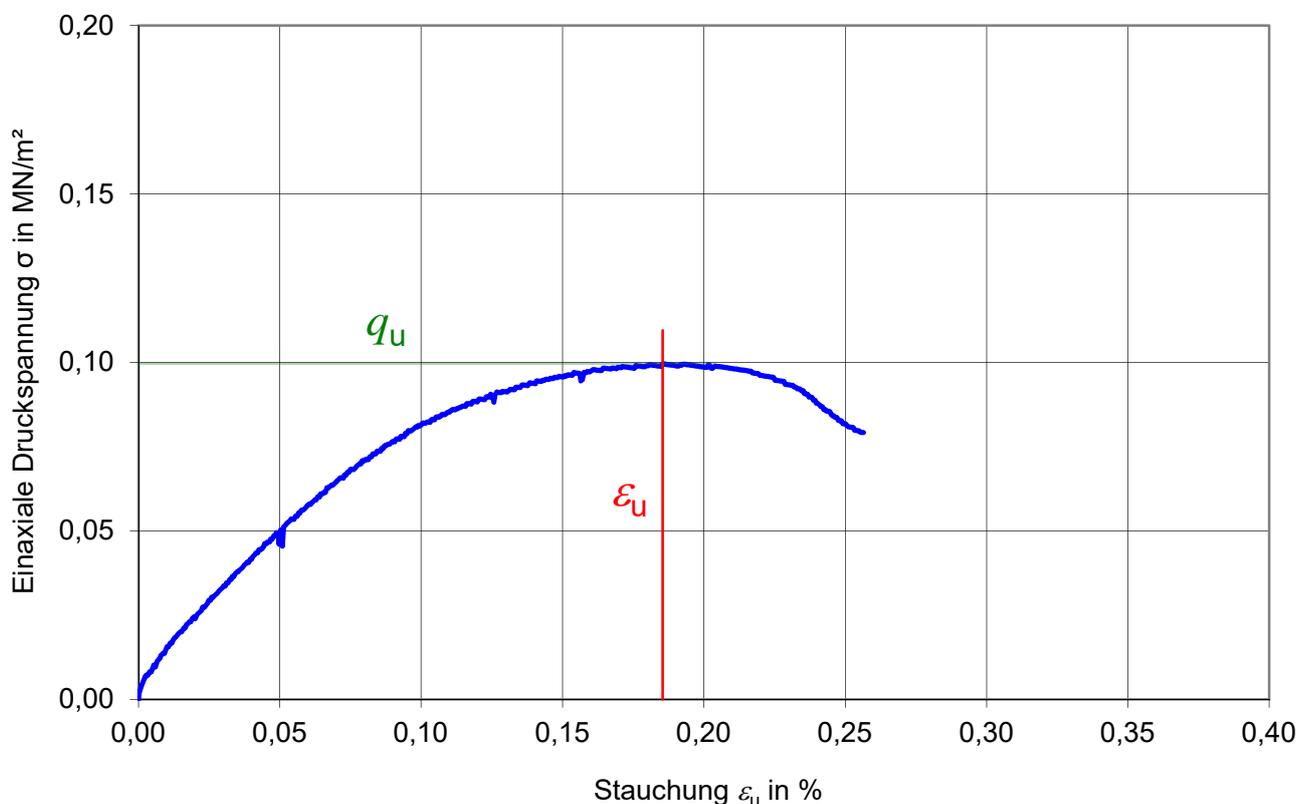
## Einaxialer Druckversuch

Projektzeichen:	Gz T9048-MLU	Kennzeichen:	ED002
Auftraggeber:	BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn		
Projekt:	Leimental 190704		
Entnahmestelle:	BK 1, P 2		
Entnahmetiefe:	2,5 m bis 2,8 m unter Oberkante Ansatzpunkt		
Entnahmeart:	gestört		
Probenahme am:	11.09.2019	Probenahme durch:	Bohrunternehmen
Prüfdatum:	17.09.2019	Prüfung durch:	Andreas Becker
Prüfverfahren:	DIN 18136 - E	Güteklasse nach DIN 4021:	1

### Probekörper:

Dichte Versuchsbeginn $\rho$ :	2,047 Mg/m <sup>3</sup>	Dehnungsgeschwindigkeit:	1,000 mm/min
Anfangsdurchmesser $d_a$ :	50,0 mm	Einaxiale Druckfestigkeit $q_u$ :	0,10 MN/m <sup>2</sup>
Anfangshöhe $h_a$ :	100,0 mm	Einaxiales Modul $E_u$ :	3,52 MN/m <sup>2</sup>
Wassergehalt $w$ :	23,6 %	Bruchdehnung $\varepsilon_u$ :	18,54 %

### Druck - Stauchungsdiagramm



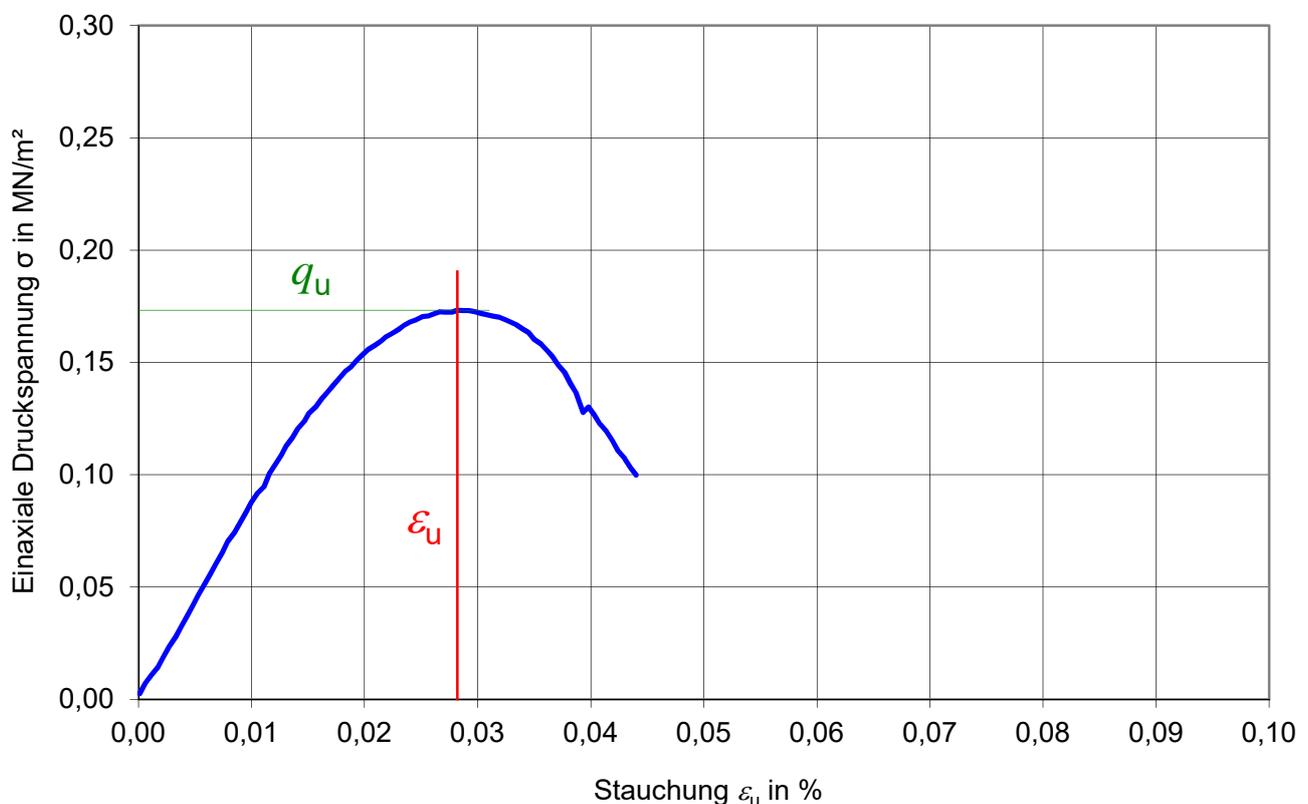
## Einaxialer Druckversuch

Projektzeichen:	Gz T9048-MLU	Kennzeichen:	ED003
Auftraggeber:	BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn		
Projekt:	Leimental 190704		
Entnahmestelle:	BK 7, P 3		
Entnahmetiefe:	3,0 m bis 3,7 m unter Oberkante Ansatzpunkt		
Entnahmeart:	gestört		
Probenahme am:	12.09.2019	Probenahme durch:	Bohrunternehmen
Prüfdatum:	17.09.2019	Prüfung durch:	Andreas Becker
Prüfverfahren:	DIN 18136 - E	Güteklasse nach DIN 4021:	1

### Probekörper:

Dichte Versuchsbeginn $\rho$ :	1,993 Mg/m <sup>3</sup>	Dehnungsgeschwindigkeit:	0,200 mm/min
Anfangsdurchmesser $d_a$ :	50,0 mm	Einaxiale Druckfestigkeit $q_u$ :	0,17 MN/m <sup>2</sup>
Anfangshöhe $h_a$ :	100,0 mm	Einaxiales Modul $E_u$ :	8,89 MN/m <sup>2</sup>
Wassergehalt $w$ :	17,9 %	Bruchdehnung $\varepsilon_u$ :	2,82 %

### Druck - Stauchungsdiagramm



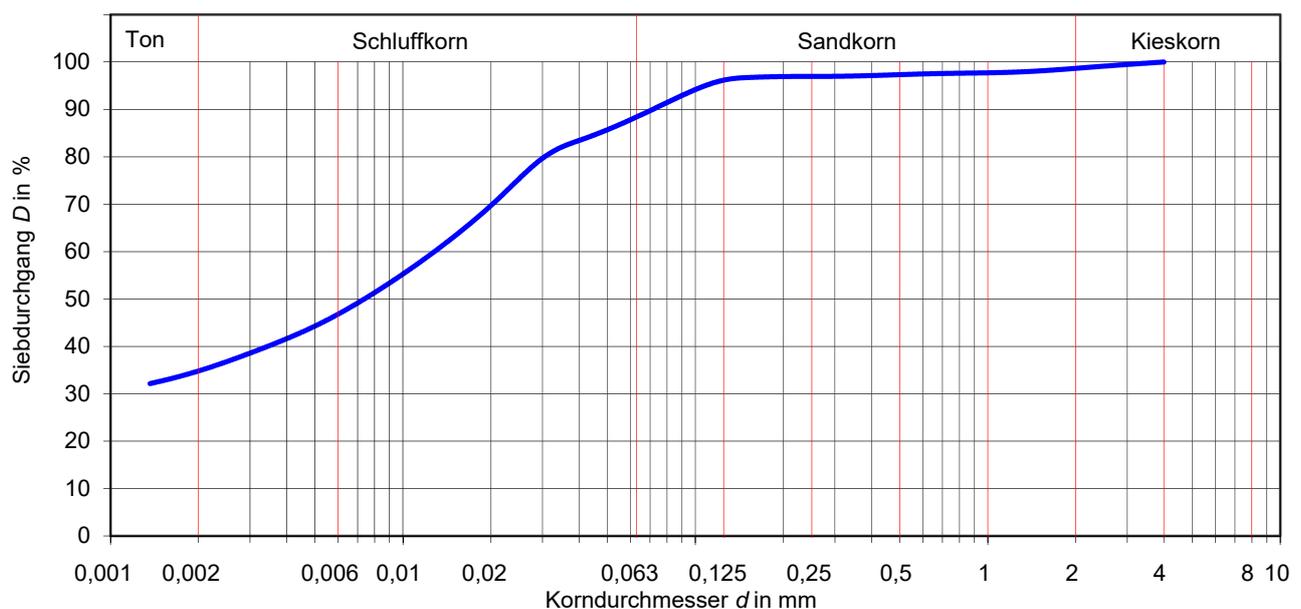
## Bestimmung der Korngrößenverteilung

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704

Projektzeichen: Gz T9048-MLU Kennzeichen: SA001  
 Probenahme am: 11.09.2019 Probenahme durch:  
 Entnahmestelle: BK 1, P 1  
 Entnahmetiefe: 1,5 m bis 2,0 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Entnahmekategorie: gestört  
 Prüfdatum: 19.09.2019 Prüfung durch: Anja Miller  
 Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-4

Korngröße [mm]	Anteil [M-%]	Korngröße [mm]	Anteil [M-%]		
4	100,0	0,0555	86,9	Kieskorn:	1,3 %
2	98,7	0,0402	83,5	Sandkorn:	10,5 %
1	97,7	0,0292	79,1	Schluffkorn:	53,4 %
0,5	97,3	0,0196	69,2	Ton:	34,8 %
0,25	96,9	0,0119	58,6	Ungleichförmigkeit $C_U$ :	n.v.
0,125	96,2	0,0072	49,6	Krümmung $C_C$ :	n.v.
		0,0045	43,0	Frostklasse ZTVE:	
		0,0027	37,4	$k_f$ - Wert:	
		0,0014	32,2		

DIN 18196: feinkörniger Boden  
 DIN EN ISO 14688-1: Schluff, stark tonig, schwach sandig (sa'cl\*Si)  
 DIN 4022: Schluff, stark tonig, schwach sandig (U, t\*, s')



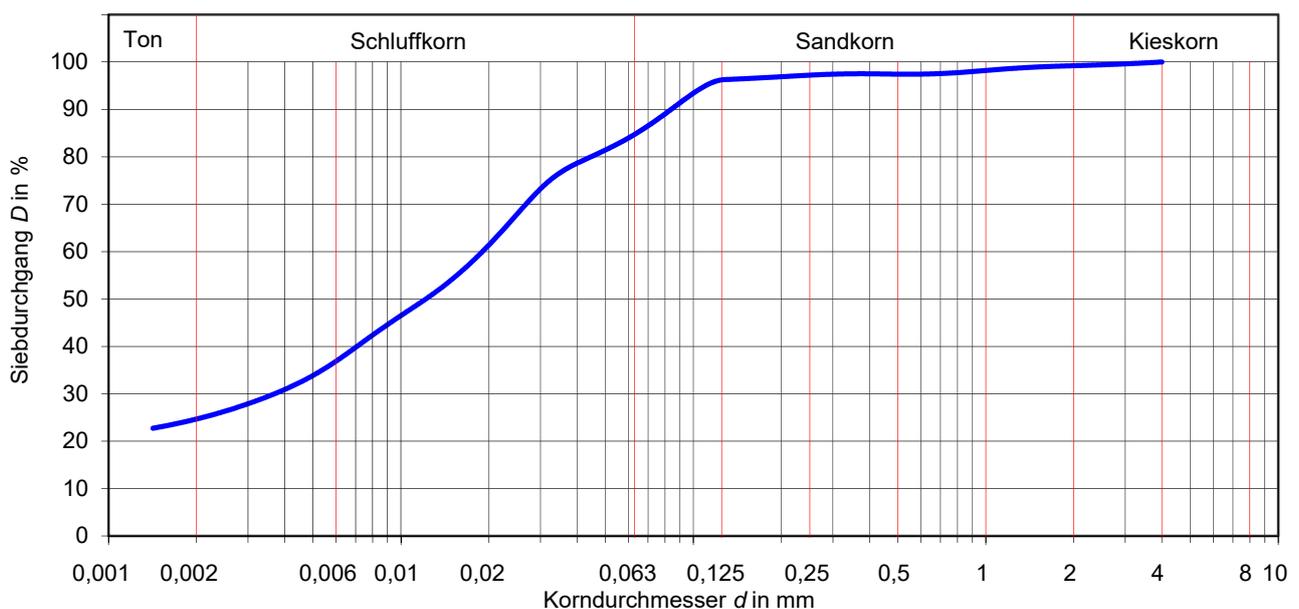
## Bestimmung der Korngrößenverteilung

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704

Projektzeichen: Gz T9048-MLU      Kennzeichen: SA002  
 Probenahme am: 11.09.2019      Probenahme durch:  
 Entnahmestelle: BK 1, P 2  
 Entnahmetiefe: 2,5 m bis 2,8 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Entnahmekategorie: gestört  
 Prüfdatum: 19.09.2019      Prüfung durch: Anja Miller  
 Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-4

Korngröße [mm]	Anteil [M-%]	Korngröße [mm]	Anteil [M-%]		
4	100,0	0,0579	83,4	Kieskorn:	0,8 %
2	99,2	0,0420	79,2	Sandkorn:	14,6 %
1	98,2	0,0306	73,8	Schluffkorn:	59,9 %
0,5	97,4	0,0205	62,1	Ton:	24,7 %
0,25	97,2	0,0125	50,5	Ungleichförmigkeit $C_U$ :	n.v.
0,125	96,2	0,0075	41,1	Krümmung $C_C$ :	n.v.
		0,0047	33,1	Frostklasse ZTVE:	
		0,0028	27,3	$k_f$ - Wert:	
		0,0014	22,7		

DIN 18196: feinkörniger Boden  
 DIN EN ISO 14688-1: Schluff, tonig, schwach sandig (sa'clSi)  
 DIN 4022: Schluff, tonig, schwach sandig (U, t, s')



## Bestimmung der Korngrößenverteilung

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704

Projektzeichen: Gz T9048-MLU Kennzeichen: SA003  
 Probenahme am: 12.09.2019 Probenahme durch:  
 Entnahmestelle: BK 7, P 3  
 Entnahmetiefe: 3,0 m bis 3,7 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Entnahmekategorie: gestört  
 Prüfdatum: 19.09.2019 Prüfung durch: Anja Miller  
 Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-4

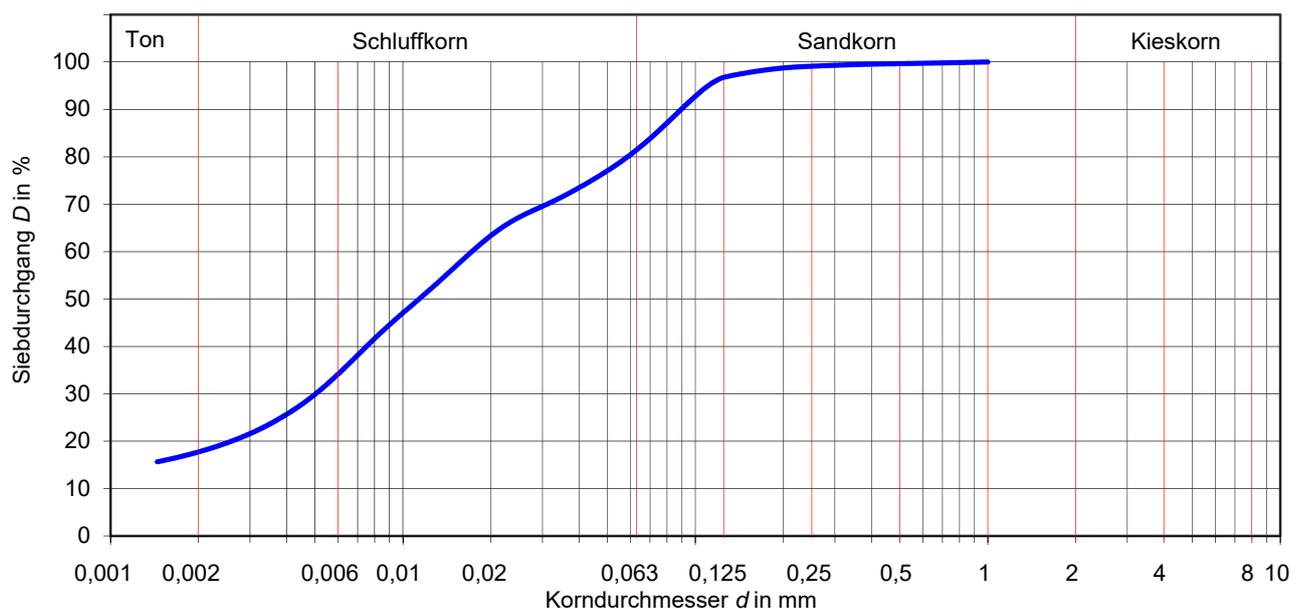
Korngröße [mm]	Anteil [M-%]	Korngröße [mm]	Anteil [M-%]
4		0,0566	79,3
2		0,0414	74,0
1	100,0	0,0301	69,6
0,5	99,6	0,0198	63,2
0,25	99,1	0,0115	50,3
0,125	96,8	0,0074	39,7
		0,0048	28,9
		0,0028	20,9
		0,0014	15,7

Sandkorn: 18,7 %  
 Schluffkorn: 63,6 %  
 Ton: 17,7 %

Ungleichförmigkeit  $C_U$ : n.v.  
 Krümmung  $C_C$ : n.v.

Frostklasse ZTVE:  
 $k_f$  - Wert:

DIN 18196: feinkörniger Boden  
 DIN EN ISO 14688-1: Schluff, sandig, tonig (clsaSi)  
 DIN 4022: Schluff, sandig, tonig (U, s, t)



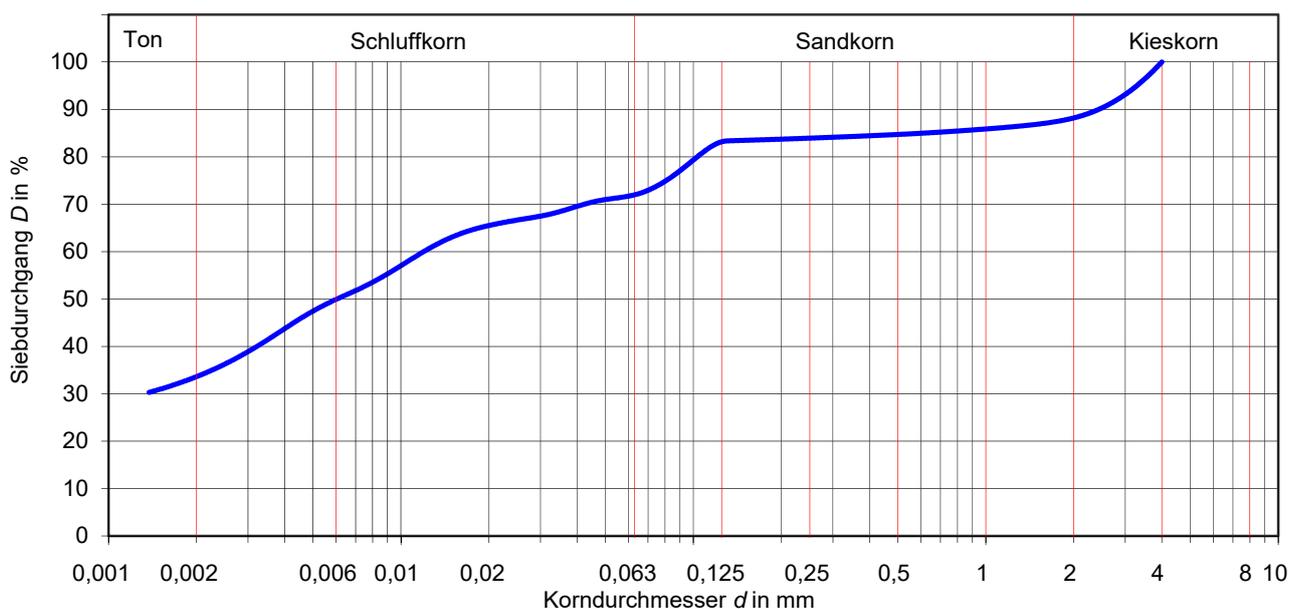
## Bestimmung der Korngrößenverteilung

Auftraggeber: BGU, Büro für Geologie und Umweltfragen, Dr. Hansel & Partner, Deckenfronn  
 Projekt: Leimental  
 190704

Projektzeichen: Gz T9048-MLU      Kennzeichen: SA004  
 Probenahme am: 12.09.2019      Probenahme durch:  
 Entnahmestelle: BK 7, P 4  
 Entnahmetiefe: 4,8 m bis 5,2 m unter Oberkante Ansatzpunkt  
 Entnahmekategorie: gestört  
 Prüfdatum: 19.09.2019      Prüfung durch: Anja Miller  
 Prüfverfahren: DIN ISO/TS 17892-4

Korngröße [mm]	Anteil [M-%]	Korngröße [mm]	Anteil [M-%]		
4	100,0	0,0612	71,8	Kieskorn:	11,8 %
2	88,2	0,0437	70,2	Sandkorn:	16,3 %
1	85,9	0,0313	67,7	Schluffkorn:	38,3 %
0,5	84,7	0,0200	65,5	Ton:	33,6 %
0,25	83,9	0,0116	59,5	Ungleichförmigkeit $C_U$ :	n.v.
0,125	83,2	0,0071	52,0	Krümmung $C_C$ :	n.v.
		0,0045	45,7	Frostklasse ZTVE:	
		0,0027	37,2	$k_f$ - Wert:	
		0,0014	30,3		

DIN 18196: feinkörniger Boden  
 DIN EN ISO 14688-1: Schluff, stark tonig, sandig, schwach kiesig (gr'sacl\*Si)  
 DIN 4022: Schluff, stark tonig, sandig, schwach kiesig (U, t\*, s, g')



## **Beilage: 2**

Laborberichte  
Synlab Analytics & Services Germany GmbH

8 Seiten

SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH - Höhenstraße 24 - 70736  
Fellbach

BGU Büro f.ür Geologie u. Umweltfragen  
Dr. Hansel & Partner  
Herr Dr. Wilhelm  
Hirschgasse 1  
75392 Deckenpfronn

## Standort Fellbach

Telefon: 0711-16272-0  
Telefax: 0711-16272-999  
E-Mail: [sui-stuttgart@synlab.com](mailto:sui-stuttgart@synlab.com)  
Internet: [www.synlab.de](http://www.synlab.de)

Seite 1 von 2

Datum: 23.09.2019

Prüfbericht Nr.: UST-19-0127433/01-1  
Auftrag-Nr.: UST-19-0127433  
Ihr Auftrag: vom 16.09.2019  
Projekt: 190704 / Erschließung Leimental  
Eingangsdatum: 16.09.2019  
Probenahme durch: Auftraggeber  
Probenahmedatum: 12.09.2019  
Prüfzeitraum: 16.09.2019 - 23.09.2019  
Probenart: Grundwasser



**Probenbezeichnung: BK 2**  
Probe Nr.: UST-19-0127433-05

**Laboruntersuchungen**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Aussehen	--	wenig Bodensatz	sensorisch
Geruch	--	ohne	sensorisch
Farbe	--	klar	sensorisch
pH-Wert	--	6,99	DIN EN ISO 10523 (C 5):2012-04
Gesamthärte	°dH	29,0	DIN 38 409-H 6:1986-01
Nichtkarbonathärte	°dH	11,6	DIN 38 409-H 6:1986-01
Karbonathärte	°dH	17,4	DIN 38 409-H 7-2:2005-12
Permanganat-Index ( als O2)	mg/l	<0,50	DIN EN ISO 8467:1995-05
Chlorid	mg/l	157	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Sulfat	mg/l	45,8	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Ammonium	mg/l	0,050	DIN ISO 15923-1:2014-07
Sulfid gelöst (S)	mg/l	<0,01	DIN 38 405-D 26:1989-04
Calcium	mg/l	176	DIN EN ISO 14911 (E 34):1999-12
Magnesium	mg/l	19,0	DIN EN ISO 14911 (E 34):1999-12
Kalklösekapazität	mg CO2/l	4,8	DIN 4030:2008-06 (*)

(\*) - nicht akkreditiertes Verfahren

Sofern nicht anders dargestellt wurden die Untersuchungen am eigenen Standort durchgeführt. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der schriftlichen Zustimmung der SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH.

Der Prüfbericht wurde am 23.09.2019 um 11:49 Uhr durch Carmen Kuhn (Kundenbetreuung) elektronisch freigegeben und ist ohne Unterschrift gültig.

SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH - Höhenstraße 24 -  
70736 Fellbach

BGU Büro f.ür Geologie u. Umweltfragen  
Dr. Hansel & Partner  
Herr Dr. Wilhelm  
Hirschgasse 1  
75392 Deckenpfronn

## Standort Fellbach

Durchwahl: 0711-16272-0  
Telefax: 0711-16272-999  
E-Mail: [sui-stuttgart@synlab.com](mailto:sui-stuttgart@synlab.com)  
Internet: [www.synlab.de](http://www.synlab.de)

Seite 1 von 6

Datum: 24.09.2019

Prüfbericht Nr.: UST-19-0127433/02-1  
Auftrag-Nr.: UST-19-0127433  
Ihr Auftrag: vom 16.09.2019  
Projekt: 190704 / Erschließung Leimental  
Probenahme: 12.09.2019  
Probenahme durch: Auftraggeber  
Eingangsdatum: 16.09.2019  
Prüfzeitraum: 16.09.2019 - 24.09.2019  
Probenart: Boden



## Untersuchungsergebnisse

Probe Nr.:		UST-19-0127433-01	UST-19-0127433-02	UST-19-0127433-03	UST-19-0127433-04
Bezeichnung:		MP 1 Quartär	MP 2 Lettenkeuper	MP 3 Lettenkeuper, kohlig	MP 4 Quartär BK7

## Original

Trockenmasse	%	88,0	82,4	90,1	82,3
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
EOX	mg/kg TS	<0,5	0,6	<0,5	<0,5
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	mg/kg TS	<50	<50	<50	<50
Kohlenwasserstoffe C10 - C40	mg/kg TS	<50	<50	<50	<50



Probe Nr.:		UST-19-0127433-01	UST-19-0127433-02	UST-19-0127433-03	UST-19-0127433-04
Bezeichnung:		MP 1 Quartär	MP 2 Lettenkeuper	MP 3 Lettenkeuper, kohlig	MP 4 Quartär BK7

**Aromatische Kohlenwasserstoffe**

Benzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Toluol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
o-Xylol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
m,p-Xylol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Styrol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Isopropylbenzol (Cumol)	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
n-Propylbenzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,3,5-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2,3-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Summe AKW	mg/kg TS	--	--	--	--
Summe BTXE	mg/kg TS	--	--	--	--

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe**

Trichlorfluormethan (R11)	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,2-Trichlortrifluorethan (R113)	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichlormethan	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Trichlormethan	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetrachlormethan	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Trichlorethen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetrachlorethen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Summe LHKW	mg/kg TS	--	--	--	--

Probe Nr.:		UST-19-0127433-01	UST-19-0127433-02	UST-19-0127433-03	UST-19-0127433-04
Bezeichnung:		MP 1 Quartär	MP 2 Lettenkeuper	MP 3 Lettenkeuper, kohlig	MP 4 Quartär BK7

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe**

Naphthalin	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Acenaphthen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluoren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Phenanthren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Anthracen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pyren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chrysen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Summe PAK EPA	mg/kg TS	--	--	--	--

**Polychlorierte Biphenyle**

PCB Nr. 28	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Nr. 52	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Nr. 101	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Nr. 118	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Nr. 138	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Nr. 153	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Nr. 180	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Summe PCB	mg/kg TS	--	--	--	--
Summe PCB (7 Verbindungen)	mg/kg TS	--	--	--	--

**Schwermetalle**

Königswasseraufschluss		--	--	--	--
Arsen	mg/kg TS	26	8,7	37	12
Blei	mg/kg TS	58	20	230	32
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	<0,3	4,7	<0,3
Chrom (Gesamt)	mg/kg TS	51	52	27	38
Kupfer	mg/kg TS	37	38	47	22
Nickel	mg/kg TS	91	61	34	43
Quecksilber	mg/kg TS	0,082	<0,05	0,15	<0,05
Zink	mg/kg TS	58	30	330	49
Thallium	mg/kg TS	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25

Probe Nr.:		UST-19-0127433-01	UST-19-0127433-02	UST-19-0127433-03	UST-19-0127433-04
Bezeichnung:		MP 1 Quartär	MP 2 Lettenkeuper	MP 3 Lettenkeuper, kohlig	MP 4 Quartär BK7

### Eluat

Eluat		Filtrat	Filtrat	Filtrat	Filtrat
pH-Wert		7,9	7,7	8,4	7,8
elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	51	41	99	59
Chlorid	mg/l	0,8	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfat	mg/l	1,0	1,25	2,11	0,9
Cyanid, gesamt	µg/l	<5	<5	<5	<5
Phenol-Index	µg/l	<10	<10	<10	<10

### Schwermetalle

Arsen	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Blei	µg/l	<1,0	3,4	5,4	<1,0
Cadmium	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chrom (Gesamt)	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Kupfer	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nickel	µg/l	<1,0	1,1	<1,0	<1,0
Quecksilber	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zink	µg/l	<1,0	5,6	3,5	4,7

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der schriftlichen Zustimmung der SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH. Sofern nicht anders dargestellt wurden die Untersuchungen am eigenen Standort durchgeführt. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Der Prüfbericht wurde am 24.09.2019 um 11:02 Uhr durch Carmen Kuhn (Kundenbetreuung) elektronisch freigegeben und ist ohne Unterschrift gültig.

Angewandte Methoden	
Parameter	Norm
Trockenmasse	DIN EN 14346:2007-03
Cyanid, gesamt	DIN ISO 11262:2012-04 (UAU)
EOX	DIN 38414-S 17:2017-01 (UAU)
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	DIN EN 14039 (01.05) i.V. mit LAGA KW/04 (12.09):2005-01 (UAU)
Kohlenwasserstoffe C10 - C40	DIN EN 14039 (01.05) i.V. mit LAGA KW/04 (12.09):2005-01 (UAU)
Benzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Ethylbenzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Toluol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
o-Xylol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
m,p-Xylol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Styrol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Isopropylbenzol (Cumol)	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS

<b>Angewandte Methoden</b>	
<b>Parameter</b>	<b>Norm</b>
n-Propylbenzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
1,3,5-Trimethylbenzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
1,2,4-Trimethylbenzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
1,2,3-Trimethylbenzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Summe AKW	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Summe BTXE	DIN 38 407-F 9:1991-05, Abweichung: nur HS-Analyse; nur GC-MS
Trichlorfluormethan (R11)	DIN EN ISO 22155:2013-05
1,1,2-Trichlortrifluorethan (R113)	DIN EN ISO 22155:2013-05
Dichlormethan	DIN EN ISO 22155:2013-05
1,1-Dichlorethen	DIN EN ISO 22155:2013-05
trans-1,2-Dichlorethen	DIN EN ISO 22155:2013-05
cis-1,2-Dichlorethen	DIN EN ISO 22155:2013-05
1,1-Dichlorethan	DIN EN ISO 22155:2013-05
Trichlormethan	DIN EN ISO 22155:2013-05
1,1,1-Trichlorethan	DIN EN ISO 22155:2013-05
Tetrachlormethan	DIN EN ISO 22155:2013-05
1,2-Dichlorethan	DIN EN ISO 22155:2013-05
Trichlorethen	DIN EN ISO 22155:2013-05
Tetrachlorethen	DIN EN ISO 22155:2013-05
Summe LHKW	DIN EN ISO 22155:2013-05
Naphthalin	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Acenaphthylen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Acenaphthen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Fluoren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Phenanthren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Anthracen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Fluoranthren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Pyren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Benzo(a)anthracen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Chrysen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Benzo(b)fluoranthren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Benzo(k)fluoranthren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Dibenz(ah)anthracen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Benzo(ghi)perylen	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
Summe PAK EPA	DIN ISO 18287:2006-05 (UAU)
PCB Nr. 28	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
PCB Nr. 52	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
PCB Nr. 101	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
PCB Nr. 118	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
PCB Nr. 138	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
PCB Nr. 153	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
PCB Nr. 180	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
Summe PCB	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)

<b>Angewandte Methoden</b>	
<b>Parameter</b>	<b>Norm</b>
Summe PCB (7 Verbindungen)	DIN EN 15308:2008-05 (UAU)
Königswasseraufschluss	DIN EN 13657:2003-01
Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Chrom (Gesamt)	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Quecksilber	DIN EN ISO 12846:2012-08
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Thallium	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Eluat	DIN EN 12457-4:2003-01
pH-Wert	DIN 38 404-C5:2009-07
elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	DIN EN 27888:1993-11
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Cyanid, gesamt	DIN EN ISO 14403:2002-07 (UAU)
Phenol-Index	DIN EN ISO 14402 (H 37):1999-12 (UAU)
Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Chrom (Gesamt)	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02
Quecksilber	DIN EN ISO 12846:2012-08
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2005-02

(UAU) - Verfahren durchgeführt am Standort Augsburg