

Gesamt- Gutachten

Nr. 19105/W

Projekt: Erschließung des Neubaugebiets
„Pappelauer/Dietinger Straße“

Ort: 89134 Blaustein-Markbronn
(Flurstücke Nr. 85 bis 87)

Auftraggeber: PEG GmbH Baden-Württemberg
75417 Mühlacker, Industriestraße 47/1

Untersuchungsauftrag: Baugrundbeurteilung und geo-/umwelt-
technische Beratung sowie hydrogeologische
Untersuchungen

Ulm, den 13.10.2023

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	3
2. Untersuchungsumfang	4
3. Gelände und Bauvorhaben	5
4. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	7
5. Allgemeine bautechnische Folgerungen	10
5.1 Straßenbau	10
5.2 Wasserleitungsbau	12
5.3 Kanalbau	13
5.4 Wiederverwendung des Aushubs / Grabenverfüllung	14
5.5 Gründung Hochbau	14
6. Hinweise für die Bauausführung	16
6.1 Homogenbereiche	16
6.2 Leitungsgräben / Baugruben	19
6.3 Sonstige Hinweise	20
7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit	20
8. Umwelttechnische Beurteilung der Böden	22
9. Schlussbemerkung	23
Anlagen:	
(1.1) Lageplan mit Untersuchungsstellen, Maßstab ca. 1:900	
(1.2) Bebauungsplan mit Untersuchungsstellen, Maßstab ca. 1:1.000	
(2) Schichtprofile, Höhenmaßstab ca. 1:50	
(3) Bodenmechanische Laborergebnisse	
(4) Umweltchemische Laborergebnisse	

1. Vorgang

Am Nordrand von Blaustein-Markbronn ist die Erschließung des Neubaugebiets „Pappelauer / Dietinger Straße“ geplant.

Bereits 2019 wurde für die östliche Teilfläche des Neubaugebiets eine Baugrunduntersuchung durchgeführt (vgl. unser Gutachten Nr. 19105 sowie unseren Prüfbericht Nr. 19015/u – jeweils vom 18.03.2019).

Die SCHIRMER-Ingenieurgesellschaft wurde beauftragt, zur Klärung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Bereich der westlichen Teilfläche eine ergänzende geo-/umwelttechnische Untersuchung durchzuführen und ein Gesamtgutachten zu erstellen. Darin sollten die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beschrieben und die bautechnischen Folgerungen für den Straßen-, Wasserleitungs- und Kanalbau dargelegt werden.

Außerdem sollten allgemeine Empfehlungen zur Gründung von Gebäuden sowie Angaben zu den Homogenbereichen nach der DIN 18300:2019-09 gemacht werden.

Ferner wird zur Wiederverwendung des Aushubs sowie zu den Leitungsgräben / Baugruben und zur Möglichkeit einer Versickerung von Niederschlagswasser Stellung genommen.

Darüber hinaus wurden umwelttechnische Untersuchungen an den angetroffenen Böden für eine erste Einschätzung im Hinblick auf die Entsorgung durchgeführt.

Für die Durchführung der Geländearbeiten und zur Erstellung des Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Städtebaulicher Entwurf, Maßstab 1:1.000, vom 23.03.2023
- Kanalplan, Maßstab 1:1.000, vom 28.04.2023

2. Untersuchungsumfang

Zur Erkundung des Baugrundes in der westlichen Teilfläche des Neubaugebiets wurden am 19.09.2023 sechs Schürftgruben (SCH 7 bis 12) mit Tiefen zwischen 2,9 m und 3,8 m angelegt. Die Endtiefen von SCH 7, 8 und 12 ergaben sich aus felsartigen Schichten, die im kleinen Aufschluss nicht mehr weiter gelöst werden konnten. Bei den Schürften SCH 9, 10 und 11 war hingegen der Baggerausleger in der Endtiefe bereits vollständig ausgefahren.

Im Zuge der Aufschlussarbeiten erfolgte durch unseren Sachbearbeiter eine Ansprache der angetroffenen Bodenarten. Die Böden wurden nach DIN EN ISO 14688-1 beschrieben und nach DIN 18196 eingestuft sowie nach DIN 18300 in Homogenbereiche eingeteilt.

In den Schürftgruben SCH 7 und 12 fanden darüber hinaus Versickerungsversuche (Pilot-Anlagen) statt. Mit den daraus gewonnenen Messwerten wurde die Durchlässigkeit des Untergrunds errechnet. Ein weiterer Sickerversuch erfolgte 2019 im Schurf 6.

Die Untersuchungsstellen wurden der Lage nach eingemessen. Ihre Ansatzpunkte sowohl der Schürften von 2023 als auch von 2019 gehen aus der Anlage 1 hervor.

Die Ergebnisse der Bodenbeschreibung sind unter Beachtung von DIN 4023 in Form von Schichtprofilen in der Anlage 2 enthalten. Darin sind auch die Profile der Schürfte von 2019 dargestellt.

Aus den relevanten Bodenschichten wurden Proben entnommen und zur weiteren Bearbeitung in unser bodenmechanisches Labor gebracht. Dort erfolgte an den beiden Proben B9.1 und B10.1 (SCH 9 und 10) aus den Molassemergeln eine Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12. Die bodenmechanischen Laborergebnisse sind in der Anlage 3 aufgeführt. Dort sind auch die Ergebnisse der Untersuchungen von 2019 enthalten.

Aus den bei SCH 7 bis 12 angetroffenen Böden wurden die sechs Mischproben MP 7 bis MP 12 erstellt (siehe Anlage 2). Daraus wurde die Sammelprobe MP A angefertigt und zur umweltchemischen Analyse auf die Parameter der neuen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) sowie der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg (VwV BW) in das Labor BVU, Markt Rettenbach verschickt. Die umweltchemischen Laborergebnisse sind in der Anlage 4 enthalten, eine Bewertung (einschließlich der Untersuchungen von 2019) findet sich in Kapitel 8.

3. Gelände und Bauvorhaben

Das geplante Neubaugebiet liegt am nördlichen Ortsrand von Markbronn, südlich der Pappelauer Straße, westlich der Dietinger Straße und östlich der Straße „Hoher Rain“. Im Süden schließt sich die Bebauung entlang der Straße „Im Öschle“ an. Es handelt sich um die Flurstücke Nr. 85 bis 87, die sich zusammen über maximal etwa 320 m x 65 m erstrecken. Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten am 19.09.2023 und 07.02.2019 bestand das Bauareal aus Acker- und Grünland (vgl. Bilder 1 bis 3). Insgesamt fällt das Gelände nach Süden ein.

Die Erschließung umfasst den Neubau einer Anliegerstraße, die die Dietinger Straße mit der Straße „Hoher Rain“ verbindet (siehe Anlage 1). Die Gradienten der neuen Straße ist wahrscheinlich etwa auf dem derzeitigen Geländeniveau vorgesehen.

Die neuen Ver- und Entsorgungsleitungen werden i.d.R. innerhalb der Verkehrsfläche angeordnet. Die Kanäle liegen erfahrungsgemäß in einer Tiefe von etwa 2 m bis 3 m unter Gelände. Wasserleitungen werden hingegen meist in ca. 1 m bis 1,5 m Tiefe unter der Straßenoberkante verlegt.

Insgesamt sind 32 Bauplätze ausgewiesen, über die geplante Bebauung liegen jedoch keine weiteren Unterlagen vor.

Darüber hinaus ist vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser vor Ort wieder zu versickern („Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung“).



Bild 1: Baugebiet-Westteil am 19.09.2023 / Blickrichtung Osten



Bild 2: Baugebiet-Westteil am 19.09.2023 / Blickrichtung Nordosten



Bild 3: Baugebiet-Ostteil am 07.02.2019 / Blickrichtung Westen

4. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Das untersuchte Areal liegt im Bereich von tertiären Ablagerungen der Unteren Süßwassermolasse. Aufgrund der lebhaft variierenden Ablagerungsverhältnisse sind diese Sedimente uneinheitlich zusammengesetzt und nicht horizontbeständig. Es handelt sich um Mergel (Tone und Schluffe) sowie Sande, in die Kalkstein-, Sandstein- oder Mergelsteinbänke eingelagert sein können. Insbesondere die felsartigen Schichten sind in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit variabel und zudem unterschiedlich stark verwittert.

Im Einzelnen ergibt sich nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen von 2019 und 2023 der nachfolgend beschriebene Schichtenaufbau (siehe Anlage 2).

Zunächst lag bei allen Aufschlüssen eine 0,2 m bis 0,3 m mächtige **Mutterbodenschicht** (Grasnarbe bzw. Ackerkrume) vor.

Darunter folgten bei SCH 1 bis 6, 8, 10 und 11 **Molassemergel**, die einerseits als meist schwach bis stark sandige, teils schwach tonige bis tonige, teils schwach kiesige bis kiesige und vereinzelt schwach steinige bis steinige Schluffe anzusprechen waren. Andererseits lagen sie als schluffige bis stark schluffige, vereinzelt schwach steinige bis steinige bzw. schwach sandige Tone vor. Die Mergel besaßen eine steife bis halbfeste Konsistenz.

Bei der Schürfgrube SCH 9 wurde der Mutterboden hingegen von **Molasse-sanden** unterlagert. Weitere Sandschichten standen in den Schürfgruben SCH 5, 8, 11 und 12 an. Hierbei handelte es sich um schwach bis stark schluffige, z.T. schwach steinige bis steinige Sande.

Die Abfolge aus Molassemergeln und -sanden reichte bei SCH 9, 10 und 11 bis zur Endtiefe, in der sie noch nicht durchteuft war.

Als weiteres Schichtglied wurden in den Schürfen SCH 1, 4, 5, 6, 7 und 12 **Mergelsteine** mit Schluffeinlagerungen aufgeschlossen. Sie waren nur schwer lösbar und in die o.g. Abfolge eingeschaltet bzw. unterlagerten diese. Außerdem reichten die Mergelsteine bei SCH 1 und 4 bis zur Endtiefe, in der sie noch nicht durchteuft waren.

Darüber hinaus standen in der Endtiefe von SCH 8 und 12 **Sandsteine** mit Sandeinlagerungen an, die aufgrund ihres Verbunds nicht mehr weiter lösbar war.

Schließlich wurden bei den Schürfgruben SCH 2, 3, 5, 6 und 7 ab Tiefen zwischen 1,6 m und 3,3 m unter den Mergeln bzw. Mergelsteinen **verwitterte Kalksteine** angetroffen. Diese konnten aufgrund ihres Verbunds und ihrer Härte in der jeweiligen Endtiefe der Schürfgruben nicht mehr weiter gelöst werden.

Grundsätzlich sind weitere Wechselhaftigkeiten bezüglich der Zusammensetzung und der Beschaffenheit der einzelnen Schichten anzunehmen. Insbesondere kann die Obergrenze der Kalk- und Sandsteine schwanken.

In der folgenden Tabelle 1 werden für die vorbeschriebenen Bodenschichten charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte) angegeben. Dabei wurden neben den aktuellen auch frühere Untersuchungen an vergleichbaren Böden zugrunde gelegt.

Die Werte gelten für ungestörte Lagerungsverhältnisse ohne baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen. Im Regelfall kann mit den jeweiligen Mittelwerten gerechnet werden. Um einen Überblick über die Schwankungsbreite der wahrscheinlichen Setzungen und über mögliche Setzungsunterschiede zu erlangen, sollten Setzungsberechnungen grundsätzlich mit beiden angegebenen Grenzwerten durchgeführt werden.

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

ortsübliche Schichtbezeichnung (Bodengruppe nach DIN 18196)	Wichte des feuchten Bodens γ_k	Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'_k	Reibungswinkel φ'_k	Kohäsion c'_k	Steifemodul $E_{s,k}$
	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²
Molassemergel					
Schluffe (UL/UM/TL/TM)	19 - 20	10 - 11	22,5 - 25	4 - 8	6 - 12
Tone (TA)	18 - 19	9 - 10	17,5 - 22,5	5 - 10	5 - 10
Molassesande (SU/SU*)	20	11	27,5 - 32,5	0 - 2	10 - 30
Mergelsteine (GX/GU)	21	12	37,5	0	80 - 120
Sandsteine (-)	22	12	>40**	-	>120
Kalksteine (-)	23	13	>40**	-	>200

** Ersatzreibungswinkel

Die Baufläche liegt in der **Erdbebenzone 0** und im Bereich der Untergrundklasse R. Außerdem ist das stratigraphische Profil der Baugrundklasse C (Molassemergel und -sande) bzw. B (Mergel-, Sand- und Kalksteine) zuzuordnen. Diese Einteilung stützt sich auf den Nationalen Anhang der DIN EN 1998-1 „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“ vom Januar 2011 sowie die Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, herausgegeben vom Innenministerium Baden-Württemberg, 1. Auflage 2005.

Während der Feldarbeiten am 19.09.2023 und 07.02.2019 wurde in den Schürftgruben kein **Wasserzulauf** festgestellt. Diese Angabe gilt nur für den Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten. Über die Lage des Grundwasserstandes sowie über die jahreszeitlich bedingten Änderungen desselben können aufgrund der Feldbeobachtungen keine Angaben gemacht werden.

Da es sich um ein Karstgebiet handelt, ist ein einheitlicher Grundwasserspiegel aber erst in größerer Tiefe zu erwarten. Allerdings kann in Hangbereichen zumindest zeitweise eine gering erziehbige Schichtwasserführung erfahrungsgemäß nicht ganz ausgeschlossen werden.

5. Allgemeine bautechnische Folgerungen

5.1 Straßenbau

Voraussichtlich handelt es sich bei der neuen Straße um eine Verkehrsfläche, die in die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 12) einzustufen ist.

Nach den zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 17) können die nach Abschieben des Mutterbodens anstehenden Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 bzw. bereichsweise auch F2 zugeteilt werden.

Da eine Unterscheidung während der Bauausführung schwierig ist, wird empfohlen, durchwegs von F3-Böden auszugehen.

Daraus resultiert im Zusammenhang mit der Belastungsklasse Bk1,0 bis Bk3,2 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 60 cm. Mehr- oder Minderdicken können dabei infolge der örtlichen Verhältnisse (siehe auch Tabelle 7 der RStO 12) erforderlich sein.

Bei einer angenommenen Höhenlage ungefähr auf derzeitigem Geländeniveau (vgl. Abschnitt 3) liegt die Straßensohle damit großteils in den Molassemergeln, die überwiegend eine steife Konsistenz besitzen. Bei SCH 7, 9 und 12 liegt sie in den Mergelsteinen bzw. Molassesanden, in denen keine Zusatzmaßnahmen zur Auflagerung des Straßenkoffers erforderlich sind.

In den Molassemergeln kann hingegen der auf dem Erdplanum nach ZTV E-StB 17 geforderte E_{v2} -Wert von mindestens 45 MN/m² nach unseren Erfahrungen nicht erreicht werden. Es wird daher empfohlen, unter dem Straßenkoffer zumindest dort einen teilweisen Bodenaustausch durchzuführen, oder das Erdplanum durch eine Bindemittelzugabe zu verbessern, um den Anforderungen des Straßenbaus gerecht zu werden.

Bei einem teilweisen Bodenaustausch werden die ungünstigen Schichten unter dem geplanten Straßenkoffer ausgetauscht und durch verdichtungswilliges Material ersetzt. Die Dicke sollte mindestens 0,2 m betragen, so dass eine Gesamtmächtigkeit von mindestens 0,8 m (einschließlich der gebundenen Schichten) resultiert. Falls sich diese Mächtigkeit bereits durch die Geländetopographie ergibt, sind keine zusätzlichen Austauscharbeiten erforderlich.

Das Austausch- bzw. Anschüttmaterial muss den Bodengruppen GW oder GU nach DIN 18196 (z.B. Kiessand, Kalkschotter, Beton-Recycling-Baustoff o.ä.) entsprechen und darf keine Steine mit Durchmesser über 100 mm aufweisen. Der Einbau der Austauschschicht hat mit geeignetem Gerät verdichtet zu erfolgen.

Die alternative Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe sollte eine Mächtigkeit von mindestens 0,3 m besitzen. Sie darf nicht unter Frosteinwirkung erfolgen. Dabei sind die einschlägigen Vorschriften (z.B. „Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln“ von 2021) zu beachten. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass bei einer Bindemittelzugabe eine Staubbelastung der angrenzenden Bebauung auftreten kann. Außerdem ist bei der Maschinenwahl zu berücksichtigen, dass bereichsweise Kalksteine und -blöcke vorkommen. Diese sind entweder auszusortieren oder zu zerkleinern.

Bei den angetroffenen Böden liegt die Zugabemenge nach ZTVE-StB 17 bei etwa 2% bis 3% bezogen auf die Trockenmasse des Bodens. Erfahrungsgemäß entspricht dies einem Bindemittelgehalt von ca. 40 - 50 kg/m³.

Die Verdichtungsanforderungen für den Straßenoberbau sind in den zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau – ZTV SoB-StB 20 vorgegeben.

5.2 Wasserleitungsbau

Die Sohlen der neuen Wasserleitungen sind wahrscheinlich in einer Tiefe von ungefähr 1 m bis 1,5 m unter den Straßenoberkanten geplant (vgl. Kapitel 3).

Nach den Aufschlussresultaten (siehe Anlage 2) liegen die Rohre somit meist in den Molassemergeln sowie bereichsweise in den Molassesanden bzw. Mergelsteinen. Diese Schichten eignen sich in der angetroffenen Zusammensetzung und Zustandsform bei einer fachgerechten Ausführung für eine direkte Auflagerung. In diesen Böden bedürfen die Leitungen außer der vorgeschriebenen Bettung daher keiner besonderen Gründungsmaßnahmen.

Ein Auflockern und damit ein Stören der natürlich gewachsenen Schichten in der Grabenzone ist jedoch generell zu vermeiden.

Des Weiteren sind insbesondere die Mergel nach dem Aushub vor Witterungseinflüssen (Frost / Niederschlag) zu schützen.

Falls sie dennoch aufgeweicht sind, wird empfohlen, das Auflager durch einen teilweisen Bodenaustausch (vgl. Kapitel 5.1) oder eine Magerbetonschicht zu verbessern. Die Mächtigkeit richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und kann daher erst beim Aushub abschließend festgelegt werden. Es sollte aber von einer Mindestdicke von 0,15 m ausgegangen werden.

5.3 Kanalbau

Die Kanalsohlen können in einer Tiefe von ca. 2 m bis 3 m unter Gelände angenommen werden (vgl. Kapitel 3).

Nach den Aufschlussresultaten (siehe Anlage 2) liegen die Rohre somit wahrscheinlich bei SCH 2, 3 und 7 sowie eventuell bei SCH 5, 6 und 12 in den Mergel-, Sand- oder Kalksteinen. Diese Schichten sind für eine direkte Auflagerung geeignet. Dort bedürfen die Rohre außer der vorgeschriebenen Bettung keiner besonderen Gründungsmaßnahmen. Ein Auflockern und damit ein Stören der natürlich gewachsenen Schichten in der Grabenzone ist jedoch auch hier zu vermeiden.

Die Molassemergel und -sande eignen sich in der angetroffenen bestenfalls steifen Konsistenz hingegen nicht für die Rohrauflagerung. Daher wird empfohlen, das Rohrauflager in derartigen Böden durch einen teilweisen Bodenaustausch zu verbessern. Die Mächtigkeit des Bodenaustausches richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und kann daher erst beim Aushub abschließend festgelegt werden. Es sollte aber von einer Mindestdicke von 0,2 m ausgegangen werden. Außerdem werden dadurch die Auflagerverhältnisse im Vergleich zu den Bereichen mit Mergel-/Sand-/Kalksteinen teilhomogenisiert. Die Details zum Bodenaustausch sind in Kapitel 5.1 bereits beschrieben.

5.4 Wiederverwendung des Aushubs / Grabenverfüllung

Für eine Wiederverwendung im frostgefährdeten Bereich sind die angetroffenen Böden nicht geeignet.

Für Verfüllungen im nicht-frostgefährdeten Bereich können alle erschlossenen Böden verwendet werden, sofern sie eine mindestens steife Konsistenz besitzen und nicht aufweichen (z.B. bei der Zwischenlagerung). Außerdem müssen darin enthaltene Mergelstein-, Sandstein- oder Kalksteinanteile auf Korngrößen <150 mm abgestuft zerkleinert oder alternativ aussortiert werden. Falls in nicht-frostgefährdeten Zonen bindige Böden mit einer ungünstigeren Konsistenz als steif eingebaut werden sollen, sind Verbesserungsmaßnahmen, wie Zugabe von Kalk-Zement-Gemischen, Sandwich-Bauweisen mit grobkörnigen Materialien oder in-situ-Bodenaufbereitungen erforderlich.

Für die Grabenverfüllung sind die Bestimmungen der ZTV E-StB 17 und ZTV SoB-StB 20 verbindlich einzuhalten. Die Schütthöhen richten sich nach den verwendeten Materialien und Verdichtungsgeräten. Sie sind ebenso wie die Verdichtungsanforderungen in der ZTV E-StB 17 vorgegeben.

5.5 Gründung Hochbau

Da noch keine konkrete Planung für den Hochbau vorliegt, können nur allgemeine Angaben zur Gründung der Neubauten gemacht werden.

Erfahrungsgemäß liegt die Gründungssohle einfach unterkellerten Bauwerke in einer Tiefe von ungefähr 3 m unter Gelände sowie in ca. 1 m Tiefe bei nicht unterkellerten Gebäuden.

Nach den vorliegenden Feldversuchsergebnissen befindet sie sich damit bei unterkellerten Bauwerken bei SCH 2, 3, 5, 6, 7 und 12 bereits innerhalb der Mergel-, Sand- oder Kalksteinschichten.

Darin ist eine Gründung über Streifen-/ Einzelfundamente oder über eine Bodenplatte problemlos möglich.

Bei den restlichen Schürfen liegt das Gründungsniveau von unterkellerten Gebäuden hingegen in den Molassemergeln bzw. -sand, die nur für die Aufnahme sehr geringer Bauwerkslasten geeignet sind. In diesen Schichten sind Verbesserungsmaßnahmen, wie z.B. eine Vertiefung der Fundamente mittels Magerbetonsockel bis auf die felsigen Schichten oder eine Fundament-/Bodenplattengründung auf einem teilweisen Bodenaustausch erforderlich. Die Mächtigkeit des Austausches richtet sich nach den Belastungsanforderungen und der Konsistenz der anstehenden Schichten.

Bei nicht unterkellerten Bauwerken stehen in der Gründungssohle lediglich bei der Schürfgrube SCH 12 bereits tragfähige Schichten (Mergelsteine) an, so dass in diesem Fall großteils eine der genannten Maßnahmen zur Verbesserung der Auflagerverhältnisse für die Gründung erforderlich wird.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass bei Unterkellerungen aufwändige Meißelarbeiten zur Felslösung erforderlich werden können (vgl. Kapitel 6.1).

Nach Vorliegen der konkreten Planung werden für die einzelnen Bauvorhaben ergänzende Untersuchungen empfohlen. Erst danach können Bemessungswerte und detaillierte Hinweise für die Gründung und Bauausführung erarbeitet und angegeben werden.

6. Hinweise für die Bauausführung

6.1 Homogenbereiche

Gemäß dem Ergänzungsband 2019 der VOB/C wurde die bisher gültige DIN 18300:2012 (Boden- und Felsklassen) durch die neue DIN 18300:2019 ersetzt. Danach sind die im Baufeld anstehenden Bodenschichten entsprechend ihrer Eigenschaften für die Ausschreibung verschiedener Gewerke in Homogenbereiche einzuteilen.

Die Homogenbereiche werden durch gewerkspezifisch relevante bodenmechanische Eigenschaften und Kennwerte charakterisiert. Diese sind in Form von Bandbreiten anzugeben. Zum Zeitpunkt der Anfertigung des vorliegenden Berichts ist nach aktuellem Stand der Planung als allgemeine technische Vertragsbedingung für die Ausschreibung und Durchführung die DIN 18300:2019-09 „Erdarbeiten“ relevant.

Auf Grundlage der o.g. normativen Vorgaben sowie der bei der Bauausführung nach aktueller Planung notwendigen Gewerke und der vorliegenden Untersuchungen wird der Baugrund in die vorläufigen zwei Homogenbereiche laut Tabelle 2 und 3 eingeteilt. Grundsätzlich erfolgt die Einteilung der Homogenbereiche gemäß den erkundeten Schichten.

Folgende Homogenbereiche wurden definiert:

- Homogenbereich B1: Molassemergel und -sande
- Homogenbereich X1: Mergel-, Sand- und Kalksteine

Die Eigenschaften der Homogenbereiche können den beiden nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Ergänzend sind darin informativ auch noch die Zuordnungen nach der ehemals gültigen DIN 18300:2012 in Boden- und Felsklassen enthalten.

Tab. 2: vorläufiger Homogenbereich nach DIN 18300 für **Boden**

	DIN 18300	Homogenbereich B1
ortsübliche Bezeichnung	x	Molassemergel und -sande
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN EN ISO 14688-4	x	nicht bestimmt
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	x	bis 30 % Massenanteil an Steinen und Blöcken möglich
Wassergehalt [%] nach DIN EN ISO 17892-1	x	20 bis 30 ¹⁺²⁾
Plastizitätszahl [%] nach DIN EN ISO 17892-12	x	15 bis 35 ¹⁺²⁾
Konsistenzzahl [-] nach DIN EN ISO 17892-12	x	0,7 bis 1,2 ¹⁺²⁾
Lagerungsdichte (Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126)	x	-
Dichte [g/cm ³] nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	x	1,6 bis 2,1 ²⁾
organischer Anteil [%] nach DIN 18128	x	< 5 ²⁾
Bodengruppe nach DIN 18196	x	UL / UM / TL / TM / TA bzw. SU / SU*
Boden-/Felsklasse nach ehem. gültiger DIN 18300:2012		4 / 5

¹⁾ auf der Grundlage von Laborversuchen (siehe Anlagen 3.1 bis 3.4)
²⁾ auf der Grundlage von Erfahrungswerten

Tab. 3: vorläufiger Homogenbereich gemäß DIN 18300 für **Fels**

	DIN 18300	Homogenbereich X1
ortsübliche Bezeichnung	x	Mergel-, Sand- und Kalksteine
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	x	chemisch/klastisch, massig/ geschichtet, Karbonate bzw. Quarz
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 [g/cm ³]	x	2,2 bis 2,6 ²⁾
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	x	1 bis 3 ²⁾
Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	x	5 bis 100 ²⁾
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	x	nicht bestimmt
Bodengruppe nach DIN 18196	x	-
Felsklasse nach ehem. gültiger DIN 18300:2012		6 / 7

¹⁾ auf der Grundlage von Laborversuchen
²⁾ auf der Grundlage von Erfahrungswerten

6.2 Leitungsgräben / Baugruben

Die Leitungsgräben der Kanäle reichen vermutlich bis etwa 2,5 m bis 3,5 m unter das derzeitige Gelände. Bei einfach unterkellerten Gebäuden kann für Baugruben eine Tiefe von ca. 3 m bis 4 m angenommen werden.

Soweit es die Platzverhältnisse erlauben, können die Gräben und Gruben grundsätzlich frei geböscht werden. In Anlehnung an DIN 4124 sollte ein Böschungswinkel von 60° in den mindestens steifen Molassemergeln sowie in den Mergel-, Sand- und Kalksteinen nicht überschritten werden. In den Molassesanden ist dagegen ein Böschungswinkel von maximal 45° zulässig.

Darüber hinaus kann bei ungünstigeren Bodenverhältnissen oder bei Wasserzutritt eine Abflachung erforderlich werden.

Bei den Leitungsgräben ist auch eine Sicherung mit handelsüblichen Verbau-elementen möglich, bei denen eine Beschränkung der Böschungsneigung nicht erforderlich ist.

Generell muss beachtet werden, dass die Standsicherheit von Böschungen durch besondere örtliche Gegebenheiten, Witterungseinflüsse sowie den Baustellenbetrieb beeinträchtigt werden kann. Ferner sind Verkehrs-, Stapel- und Kranlasten zu berücksichtigen.

Ergänzend ist auf die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, die von der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau herausgegeben wurden sowie auf die Sicherheitsvorschriften der Tiefbau-Berufsgenossenschaft hinzuweisen.

6.3 Sonstige Hinweise

Die Molassemergel und -sande sind empfindlich gegen dynamische Beanspruchungen, z.B. durch Befahren während des Baustellenbetriebs. Durch ein geeignetes Aushubverfahren (rückschreitende Arbeitsweise) ist sicherzustellen, dass die Sohle in diesen Böden nicht gestört wird.

Die genannten Böden sowie auch die Mergelsteinschichten sind zudem witterungsempfindlich und müssen daher vor Frost und Niederschlägen geschützt werden. Falls eine entsprechende Witterung zu erwarten ist, sind Maßnahmen vorzusehen, die die fertiggestellten Bauteile entsprechend schützen (Abdecken, Überschütten). Wenn dennoch Bereiche durchweicht sind, müssen diese gegen verdichtungsfähiges Bodenmaterial ausgetauscht werden.

7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit

In den Schürfgruben SCH 6 von 2019 sowie SCH 7 und 12 von 2023 wurden Sickerversuche durchgeführt, die insbesondere die Kalksteine und die Sandsteine erfassten. Die übrigen Schichten wurden nicht untersucht, da sie erfahrungsgemäß deutlich geringer durchlässig sind.

Nach Abgleichen der Sohle wurden die Schürfgruben nach Länge, Breite und Tiefe vermessen und dann mit ungefähr 1 m³ Wasser gefüllt.

Aus den Absinkzeiten des Wasserspiegels wurden vertikale Durchlässigkeitsbeiwerte in der ungesättigten Zone ($k_{f,u}$) von $4,8 \times 10^{-4}$ m/s, $4,4 \times 10^{-4}$ m/s und $3,7 \times 10^{-5}$ m/s ermittelt.

Die k_f -Werte für die Bemessung von Sickeranlagen entsprechen dem 2-fachen der $k_{f,u}$ -Werte und ergeben sich zu:

SCH 6: $k_f = 9,6 \times 10^{-4}$ m/s (Kalkstein)

SCH 7: $k_f = 8,8 \times 10^{-4}$ m/s (Kalkstein)

und

SCH 12: $k_f = 7,4 \times 10^{-5}$ m/s (Sandstein)

Die untersuchten Kalksteine sind somit als „stark durchlässiger“ ($k_f > 10^{-4}$ bis 10^{-2} m/s) und die Sandsteine als „durchlässiger“ ($k_f > 10^{-6}$ bis 10^{-4} m/s) Untergrund nach DIN EN ISO 17892-11 einzustufen.

Im DWA-Regelwerk (Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser) ist eine Anforderung von k_f höchstens 1×10^{-3} m/s und mindestens 1×10^{-6} m/s genannt.

Sie wird nach den Ergebnissen der Schurfversickerungen innerhalb der geprüften Schichten eingehalten, d.h. dort ist aufgrund der Durchlässigkeit eine Versickerung möglich.

Die untersuchten Kalk- und Sandsteine stehen nach den Feldversuchsergebnissen ab Tiefen von ca. 2,4 m (SCH 6), 2,0 m (SCH 7) und 3,0 m (SCH 12) an. Zum Erreichen dieser Schichten sind daher Rigolen o.ä. erforderlich.

Gemäß Regelwerk sollte zudem die Mächtigkeit des Sickerraums, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) mindestens 1 m betragen. Dieser Mindestabstand wird eingehalten, da es sich um ein Karstgebiet handelt.

Für die Bemessung und Ausbildung von Versickerungsanlagen ist das o.g. Regelwerk maßgebend. Eine Verringerung des k_f -Wertes durch Verschlämmung während der Betriebszeit infolge längerer Verweildauer ist zu berücksichtigen.

8. Umweltechnische Beurteilung der Böden

Aus den Bodenschichten aller sechs Schürftgruben von 2023 wurden die Mischproben MP 6 bis MP 12 erstellt (siehe Anlage 2) und daraus die Sammelprobe MP A gebildet. Diese Probe wurde zur umweltchemischen Analyse in das Labor BVU, Markt Rettenbach verschickt.

Dort erfolgte eine umweltchemische Analyse auf die Parameter der neuen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) sowie der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg (VwV BW). Die vollständigen Analysenberichte sind in der Anlage 4 enthalten.

Bei den angetroffenen durchwegs natürlich gewachsenen Böden handelte es sich im oberen Bereich vorwiegend um Schluffe und Tone mit wechselnden Nebenanteilen (Molassemergel). Daneben kamen auch schluffig-steinige Molassesande vor sowie Lagen aus Mergelsteinen. In den Endtiefen lagen bereichsweise Kalk- oder Sandsteine vor.

Organoleptische Auffälligkeiten, wie Verfärbungen, Fremdbestandteile und Fremdgeruch waren an den Böden nicht feststellbar.

Die Mischprobe **MP A** kann nach der neuen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) als **BM-0 / BG-0** Material bewertet werden.

Außerdem halten alle untersuchten Parameter in der Sammelprobe **MP A** die **Z 0 – Zuordnungswerte** der VwV Baden-Württemberg ein. Dies stimmt auch mit den Ergebnissen der früheren Untersuchungen überein (vgl. unseren Prüfbericht Nr. 19015/u vom 18.03.2019).

Es ist darauf hinzuweisen, dass die durchgeführten umwelttechnische Beprobung und Untersuchung nur einer ersten Einschätzung des Aushubmaterials dient und nicht repräsentativ für den gesamten Neubaubereich ist. Sie kann deshalb nicht für eine Entsorgung des Aushubs dienen.

9. Schlussbemerkung

Das vorliegende Gutachten beschreibt die bei den Untersuchungsarbeiten festgestellten Untergrund- und Grundwasserverhältnisse in geo-/umwelttechnischer und hydrogeologischer Hinsicht.

Die fachtechnischen Aussagen beziehen sich auf den uns zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Stand der Planung.

Falls sich im Zuge der weiteren Planung oder Bauausführung noch geo- oder umwelttechnische Fragen ergeben, bitten wir unser Büro beratend einzuschalten.

SCHIRMER - Ingenieurgesellschaft mbH

- gez. *D. Schirmer* -

(Dipl.-Ing. Daniel Schirmer)



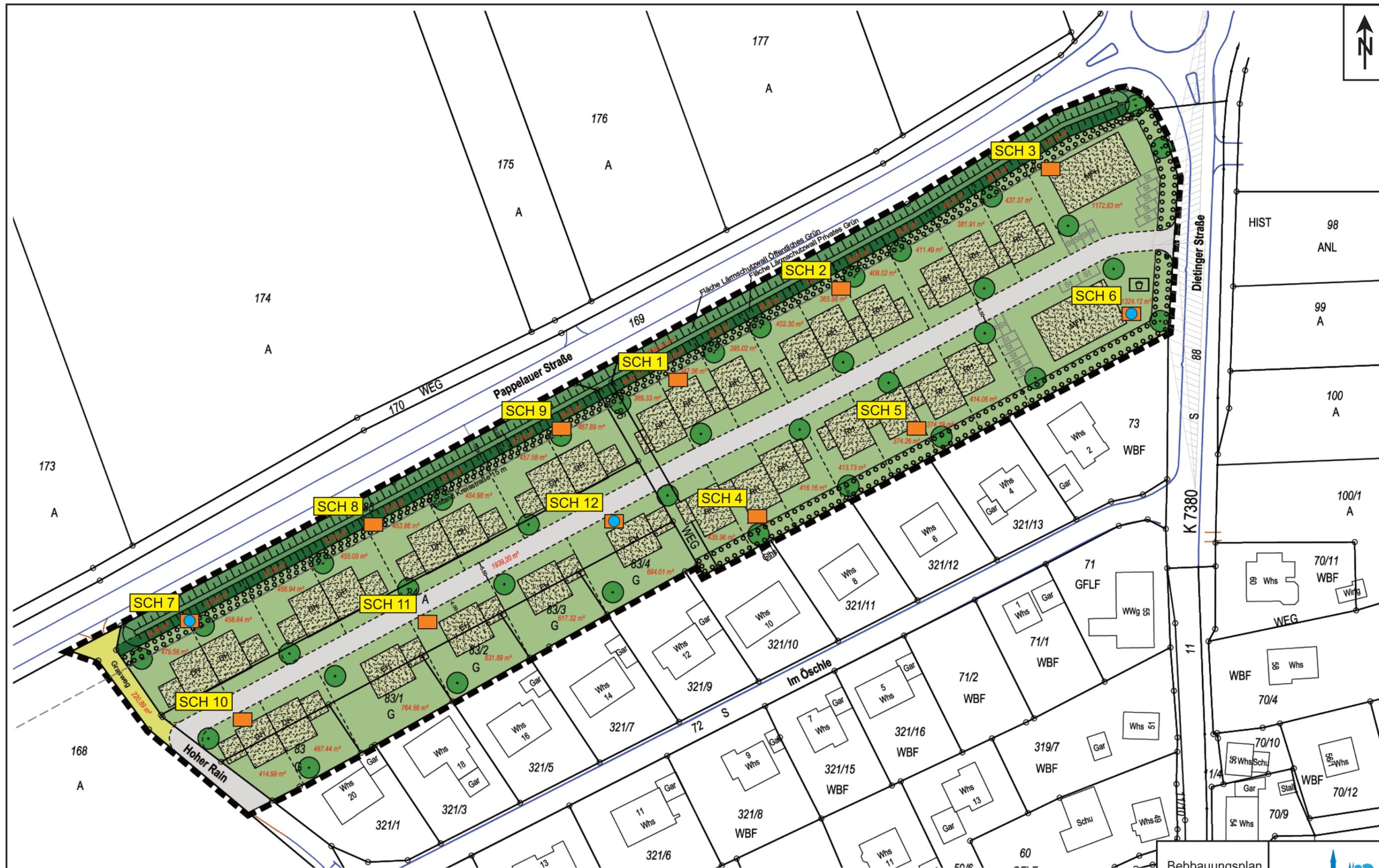
Kleines Öschle

- Legende:**
- Schürfgrube (SCH 1-6 vom 07.02.2019 / SCH 7-12 vom 19.09.2023)
 - mit Versickerungsversuch

Lageplan
mit Unter-
suchungsstellen

Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Pappelauer/Dietinger Straße“ in Markbronn

Maßstab: ca. 1:900 bei A3 Anlage 1.1



Legende:

- Schürfgrube (SCH 1-6 vom 07.02.2019 / SCH 7-12 vom 19.09.2023)
- mit Versickerungsversuch

Bebbauungsplan
mit Unter-
suchungsstellen



Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Pappelauer/Dietinger Straße“ in Markbronn

Maßstab: ca. 1:1.000 bei A3

Anlage 1.2

Benennung	Kurzzzeichen		Signatur
	Bodenart	Beimengung	
Auffüllung	A	-	A
Mutterboden	Mu	-	Mu
Kies	G	g	
Sand	S	s	
Schluff	U	u	
Ton	T	t	
Steine	X	x	
Blöcke	Y	y	
organische Beimengung	-	o	
Fels, verwittert	Zv	-	Zv
Fels, allgemein	Z	-	Z
Sandstein	Sst	-	Z•
Schluffstein	Ust	-	Z△
Tonstein	Tst	-	Z-
Mergelstein	Mst	-	Z-I
Kalkstein	Kst	-	ZI
Kalktuffstein	Ktst	-	ZII
Torf, Humus	H	h	
Faulschlamm	F	-	

Künstlicher Aufschluss
SCH = Schürfgrube EKB = Erkundungsbohrung RKS = Rammkernsondierung GWM = Grundwassermessstelle DPH = schwere Rammsond. n. DIN EN ISO 22476-2

Konsistenz
= breiig = nass = weich = steif = halbfest = fest

Grundwasserspiegel
Grundwasser angetroffen Grundwasser nach Beendigung des Aufschlusses Ruhewasserstand in einer Grundwassermessstelle

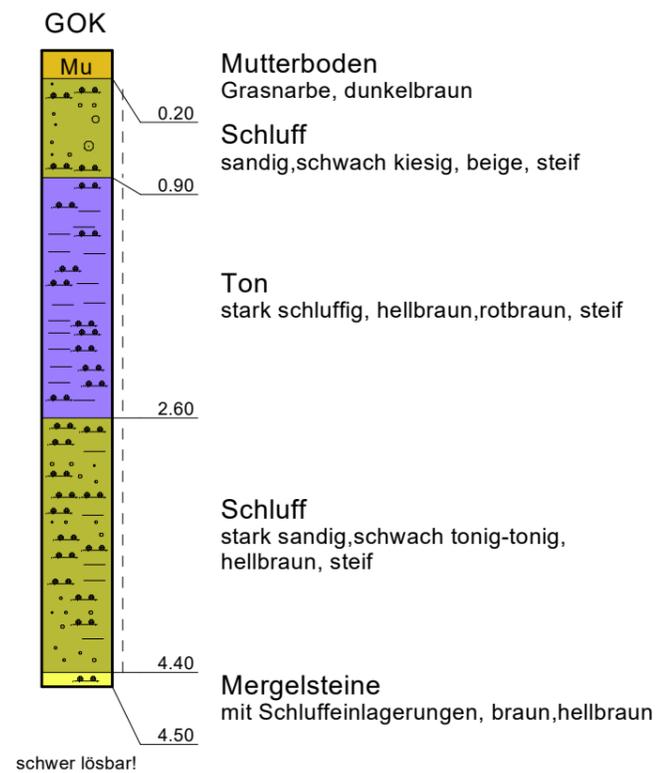
Probenentnahme
B: Bodenprobe F: Feststoffprobe S: Sammelprobe MP: Mischprobe

Beimengung
Darstellung einer "schwachen" durch [] einer "starken" Beimengung durch [*] hinter dem Kurzzzeichen.

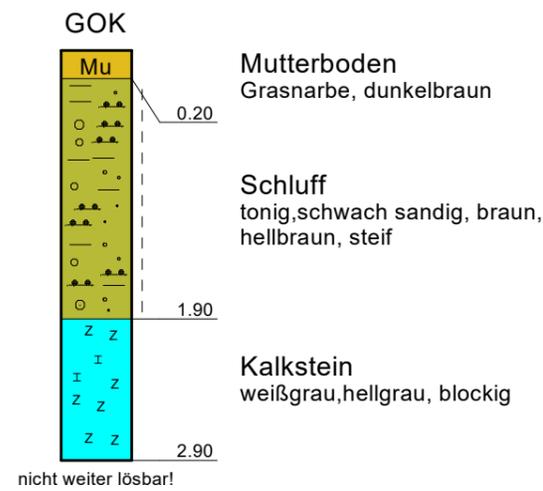
	Legende zu den Bodenprofilen nach DIN 4023	
	Projekt: 19105/W / 13.10.2023 Erschließung des Neubaugebiets „Pappelauer/Dietinger Straße“ in Markbronn	
	Anlage 2.1	

Schürfgruben vom 07.02.2019

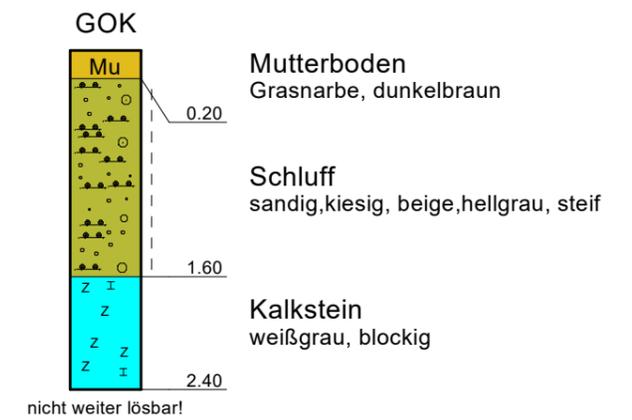
SCH 1



SCH 2



SCH 3



Schichtprofile

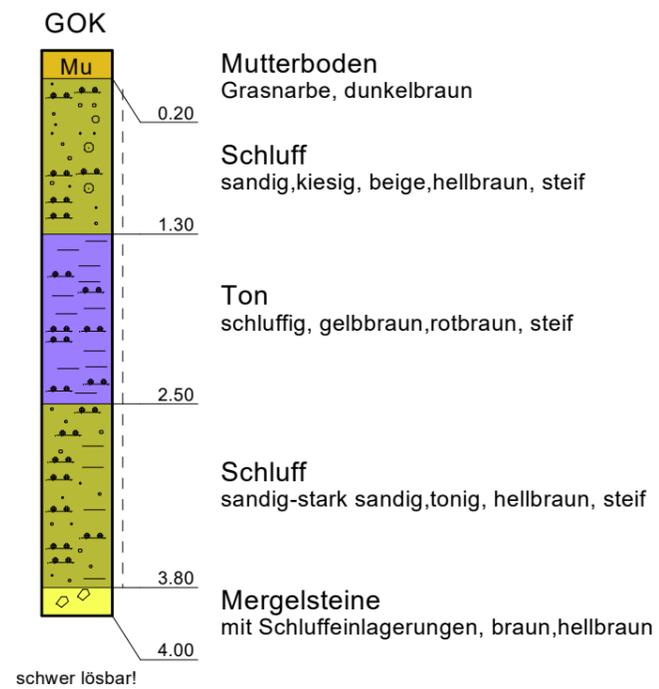


Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
"Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

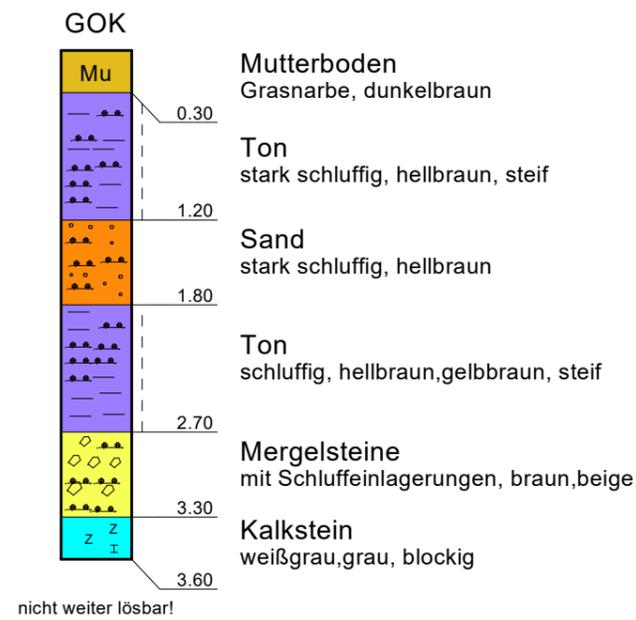
Höhenmaßstab ca. 1:50 bei A3 | Anlage 2.2

Schürfgruben vom 07.02.2019

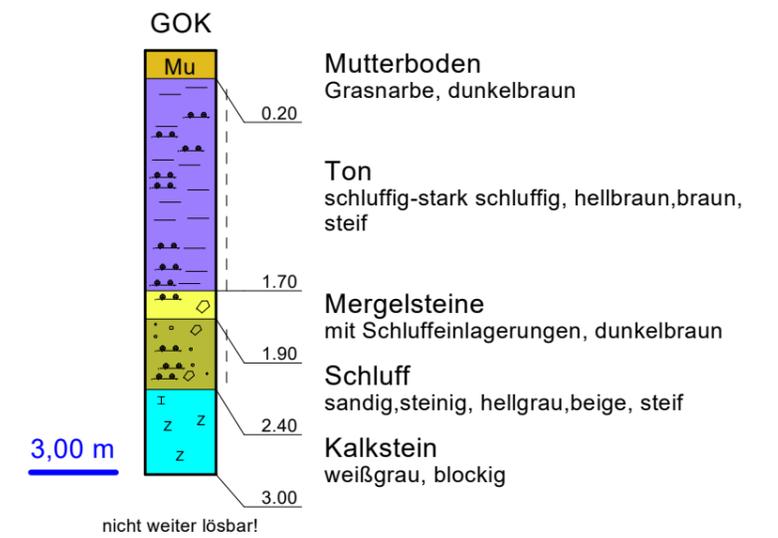
SCH 4



SCH 5



SCH 6



Schichtprofile



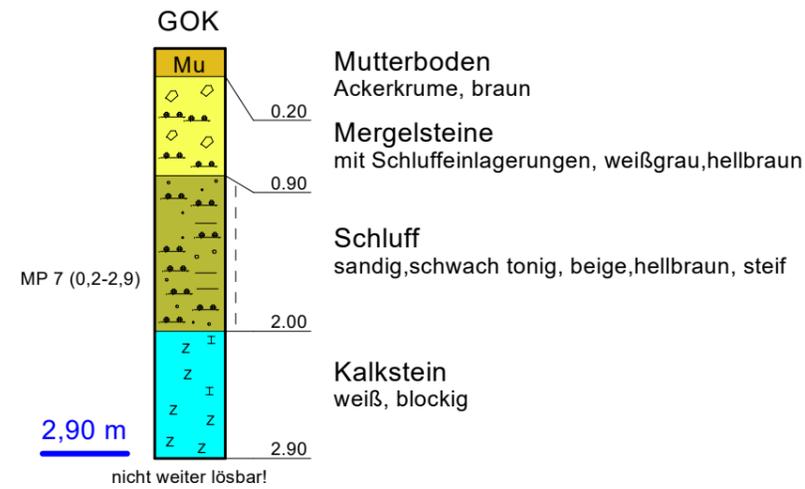
Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
"Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

Höhenmaßstab ca. 1:50 bei A3 | Anlage 2.3

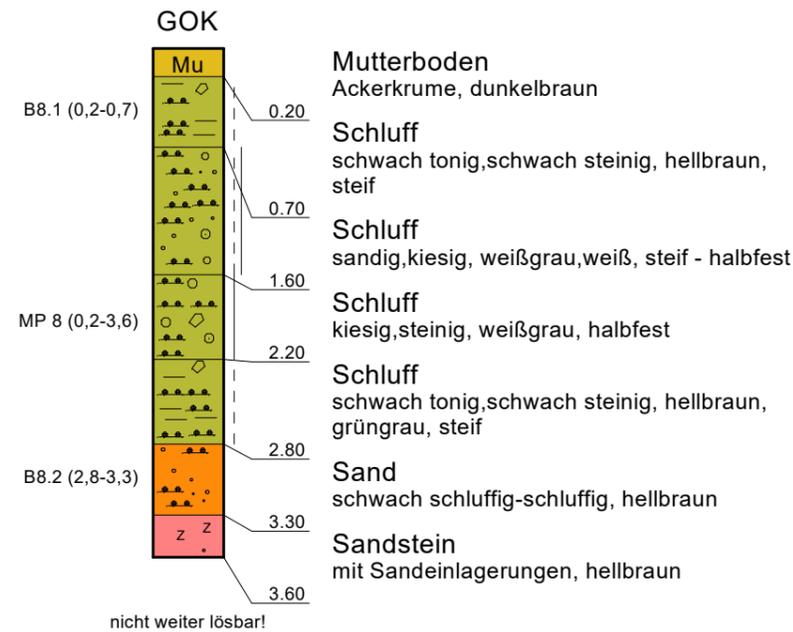
— Versickerungsversuch mit Tiefenangabe

Schürfgruben vom 19.09.2023

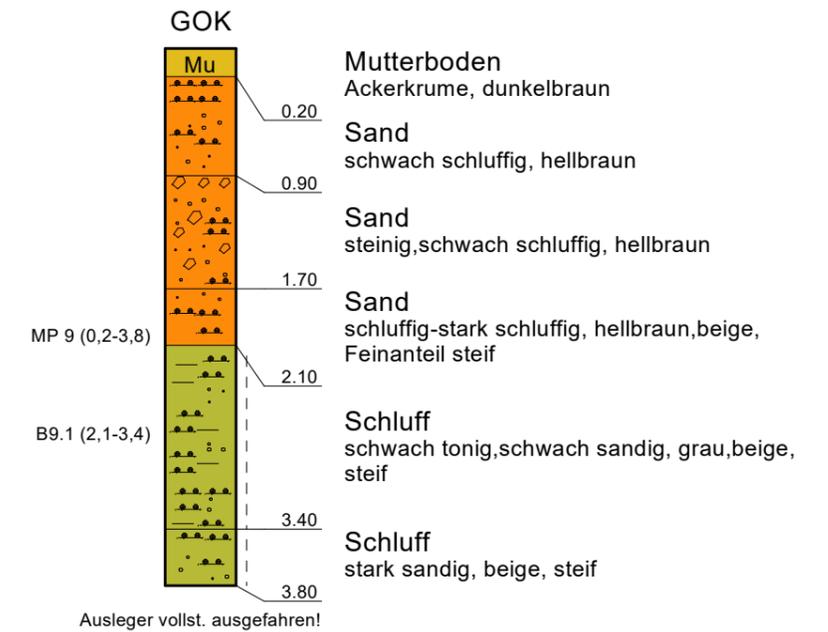
SCH 7



SCH 8



SCH 9



Schichtprofile



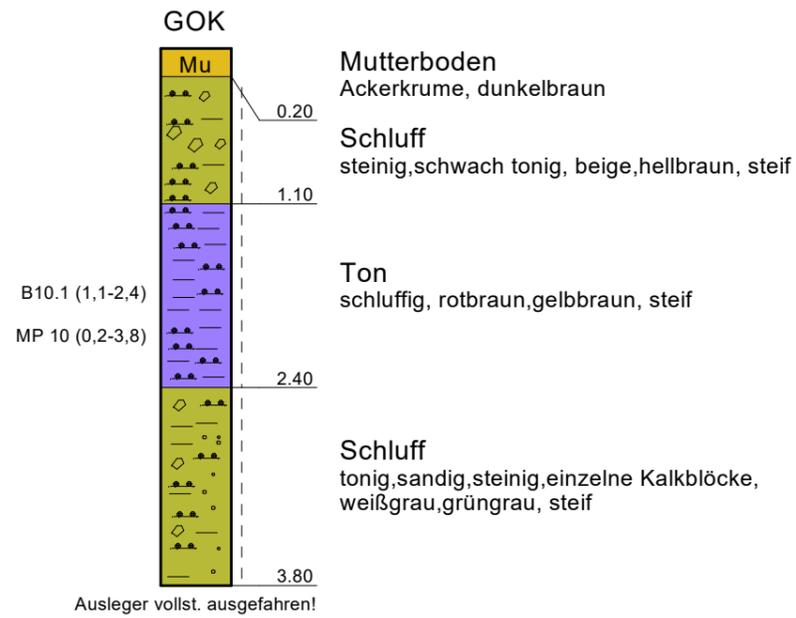
Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
"Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

Höhenmaßstab ca. 1:50 bei A3 | Anlage 2.4

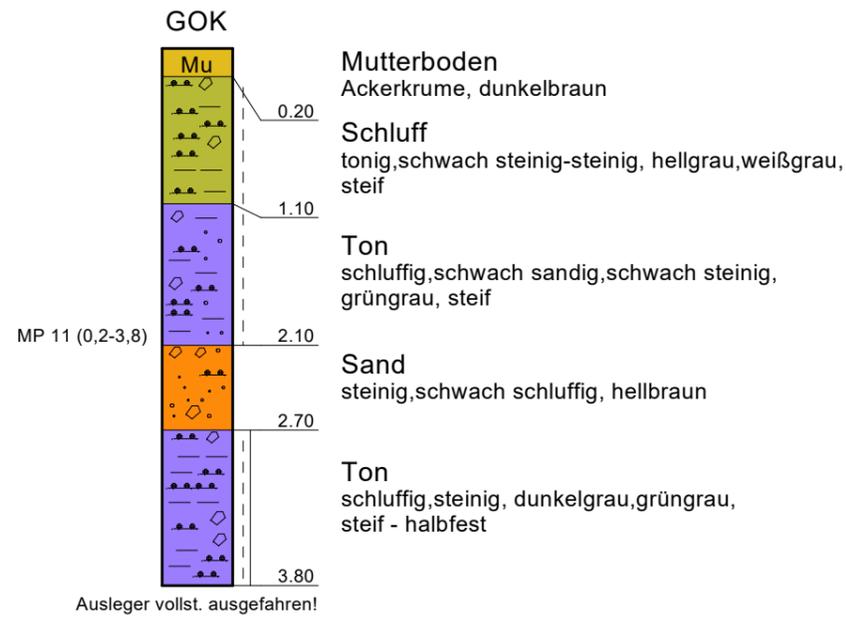
— Versickerungsversuch mit Tiefenangabe

Schürfgruben vom 19.09.2023

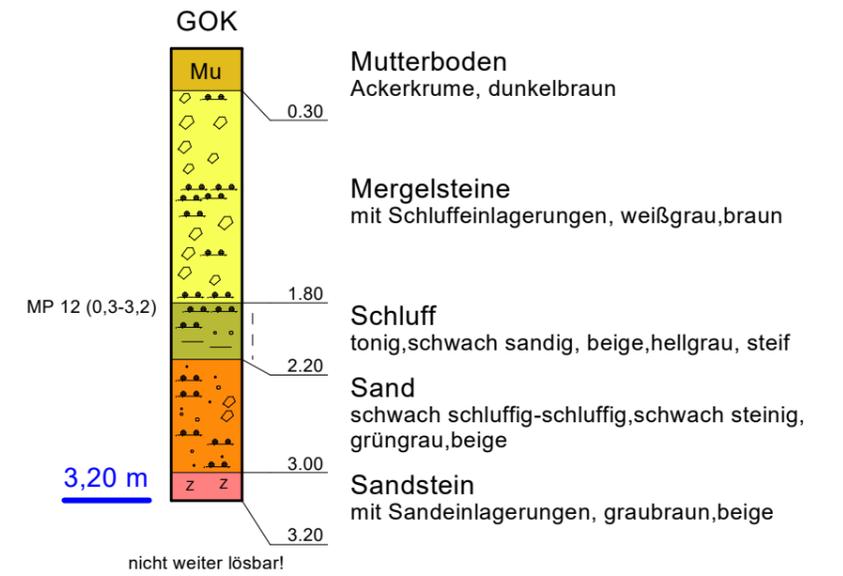
SCH 10



SCH 11



SCH 12



Schichtprofile



Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
"Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

Höhenmaßstab ca. 1:50 bei A3 | Anlage 2.5

— Versickerungsversuch mit Tiefenangabe

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Erschließung des Neubaugebiets

"Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

Bearbeiter: Lohse

Datum: 13.10.2023

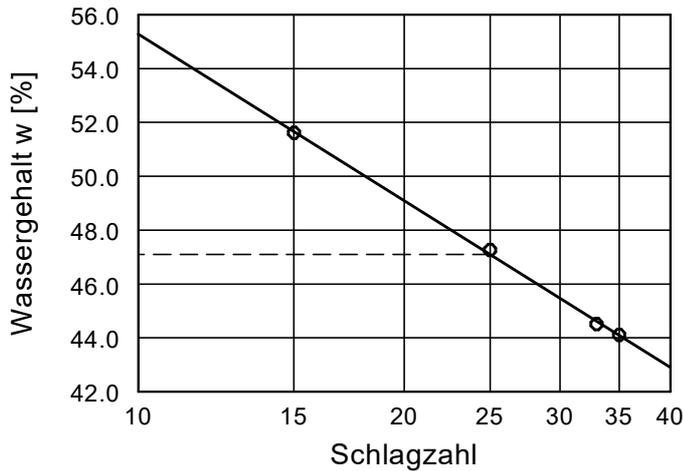
Probe: B9.1

Entnahmestelle: SCH 9

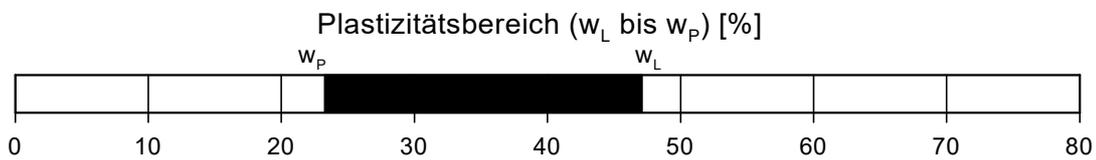
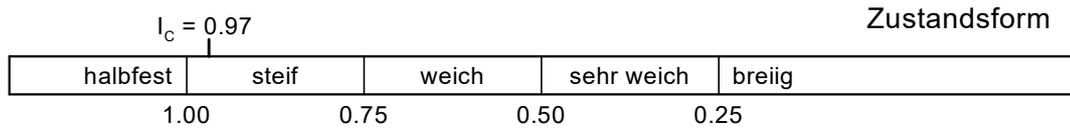
Tiefe: 2,1 - 3,4 m

Art der Entnahme: gestört

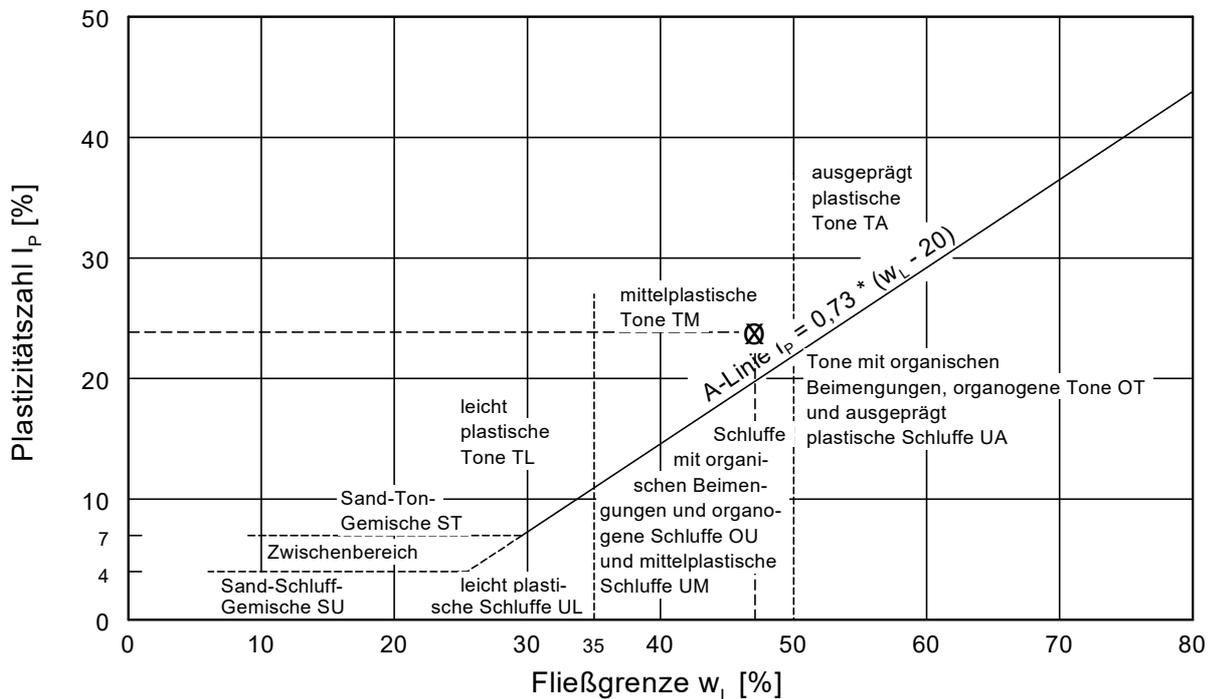
Bodenart: TM



Wassergehalt $w =$	24.0 %
Fließgrenze $w_L =$	47.1 %
Ausrollgrenze $w_p =$	23.3 %
Plastizitätszahl $I_p =$	23.8 %
Konsistenzzahl $I_c =$	0.97



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Erschließung des Neubaugebiets
 "Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

Bearbeiter: Lohse

Datum: 13.10.2023

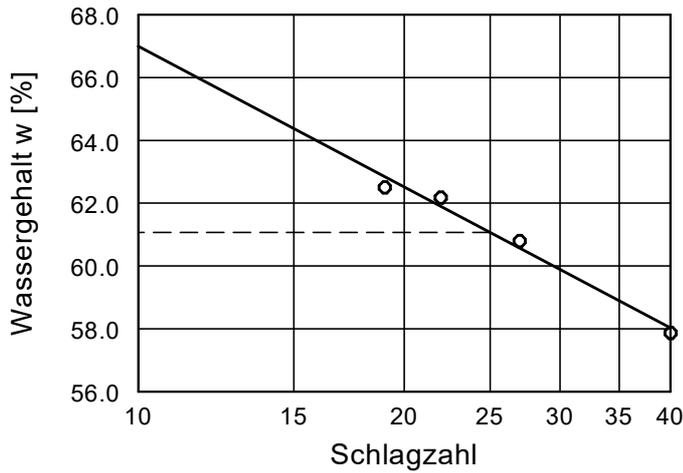
Probe: B10.1

Entnahmestelle: SCH 10

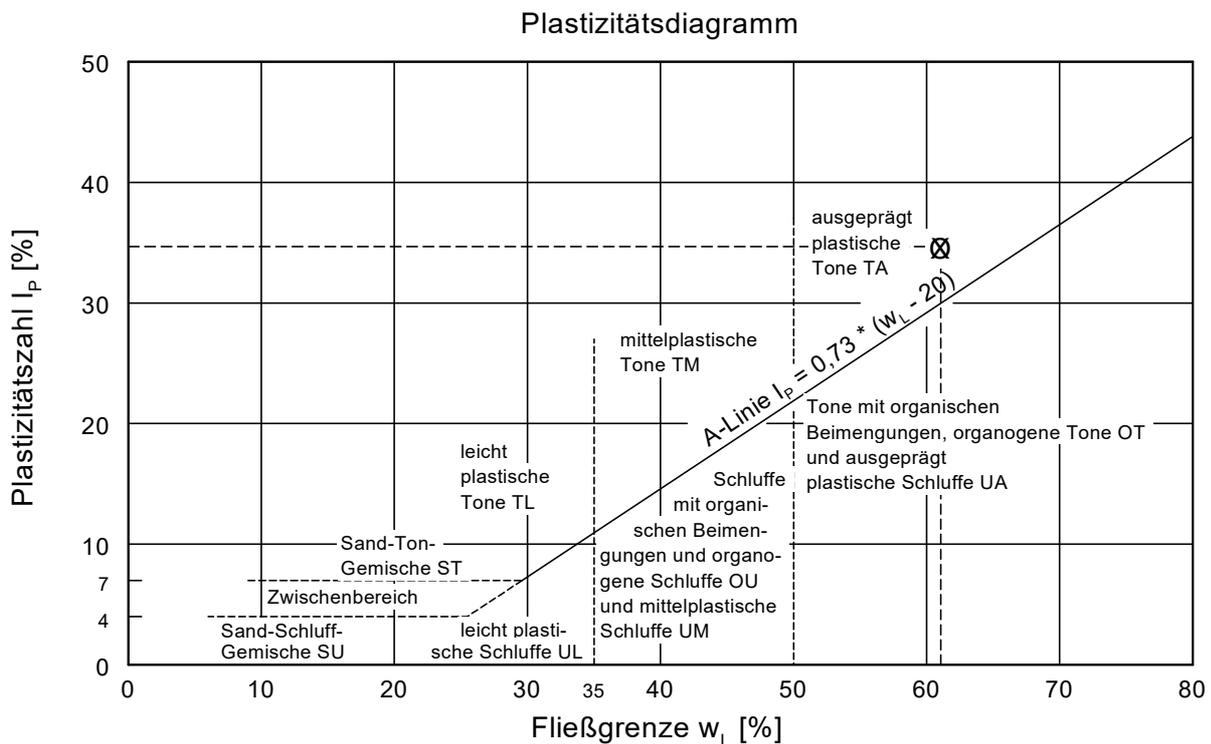
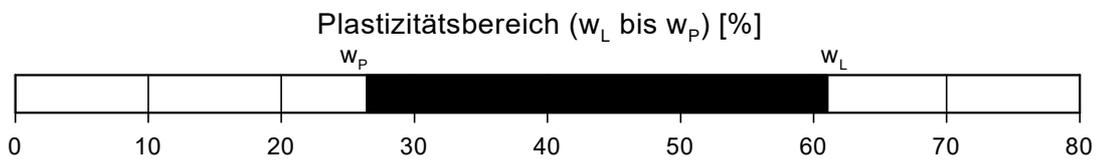
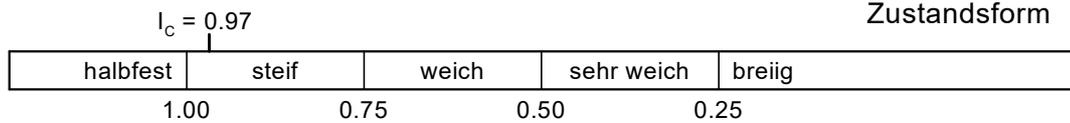
Tiefe: 1,1 - 2,4 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TA



Wassergehalt $w = 27.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 61.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 26.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 34.7 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.97$



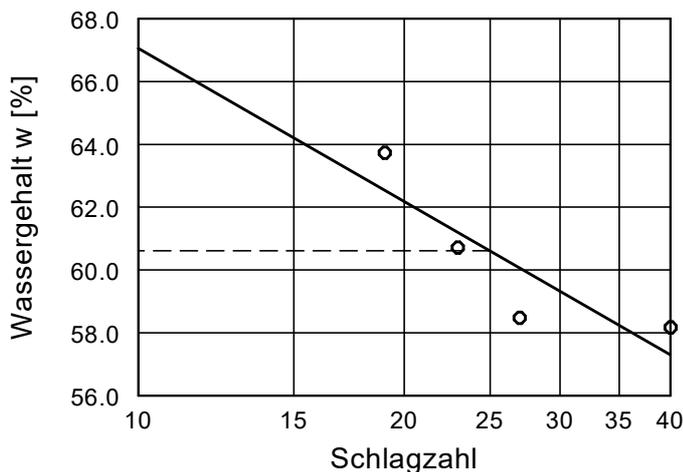
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Erschließung des Neubaugebiets
 "Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

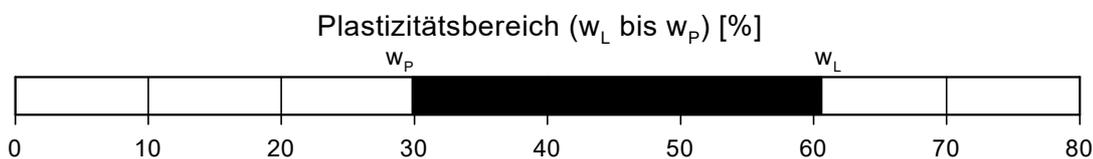
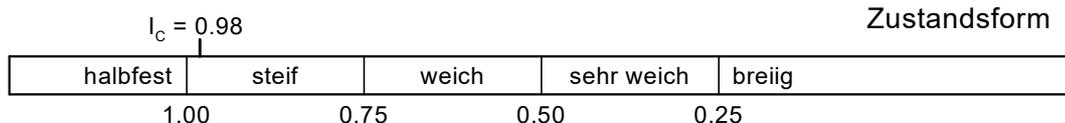
Bearbeiter: Lohse

Datum: 28.02.2019

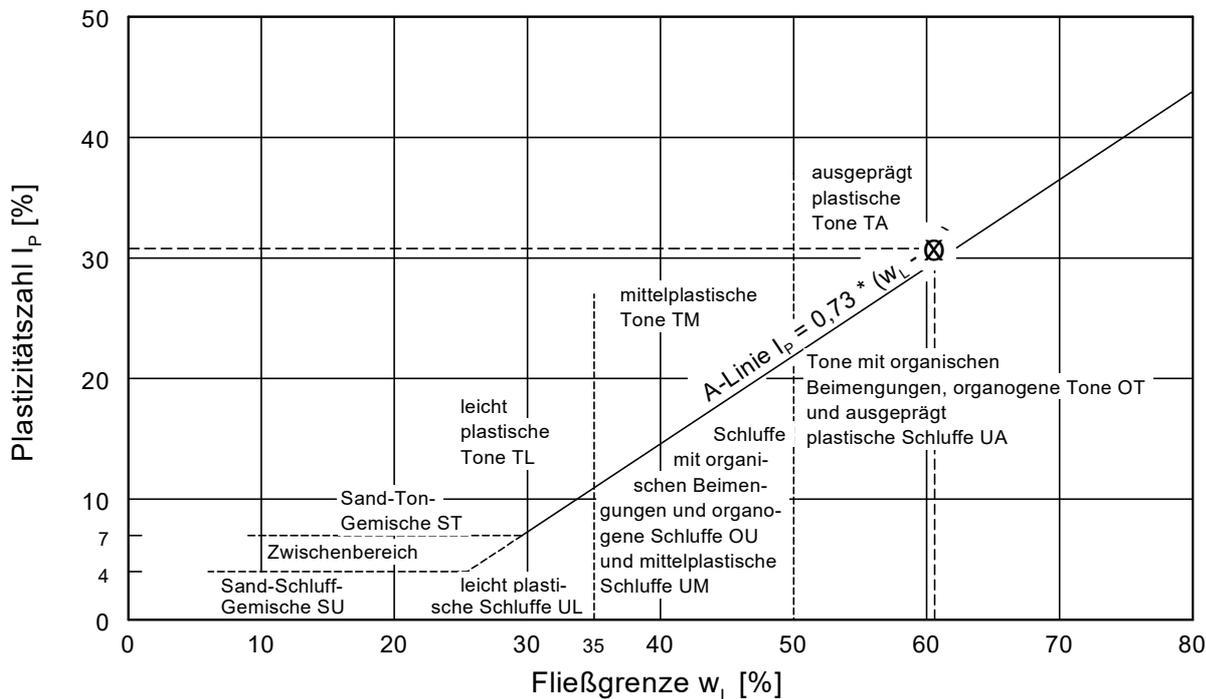
Probe: B5.2
 Entnahmestelle: SCH 5
 Tiefe: 2,0 - 2,5 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: TA



Wassergehalt $w =$	30.4 %
Fließgrenze $w_L =$	60.6 %
Ausrollgrenze $w_p =$	29.8 %
Plastizitätszahl $I_p =$	30.8 %
Konsistenzzahl $I_c =$	0.98



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Erschließung des Neubaugebiets

"Pappelauer/Dietinger Straße" in Markbronn

Bearbeiter: Lohse

Datum: 28.02.2019

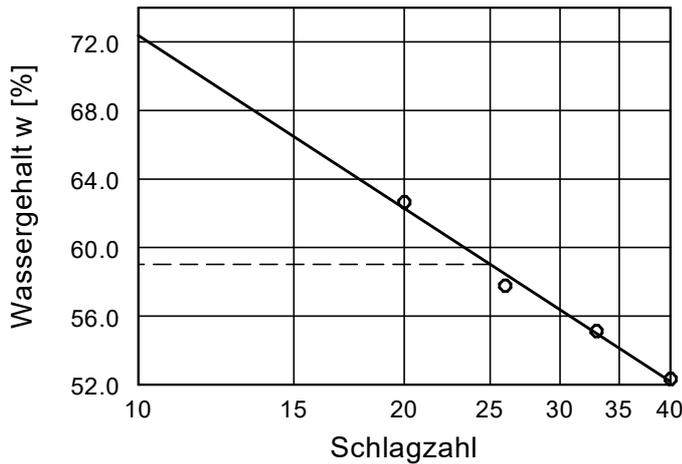
Probe: B6.1

Entnahmestelle: SCH 6

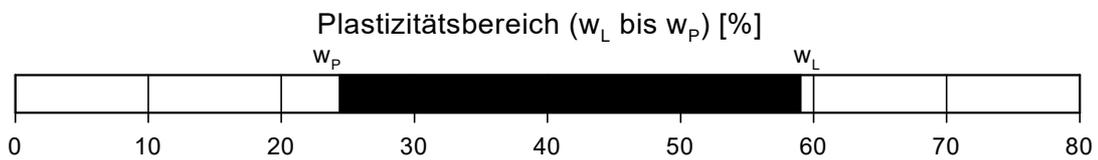
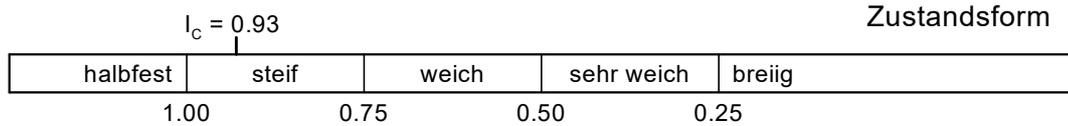
Tiefe: 1,0 - 1,5 m

Art der Entnahme: gestört

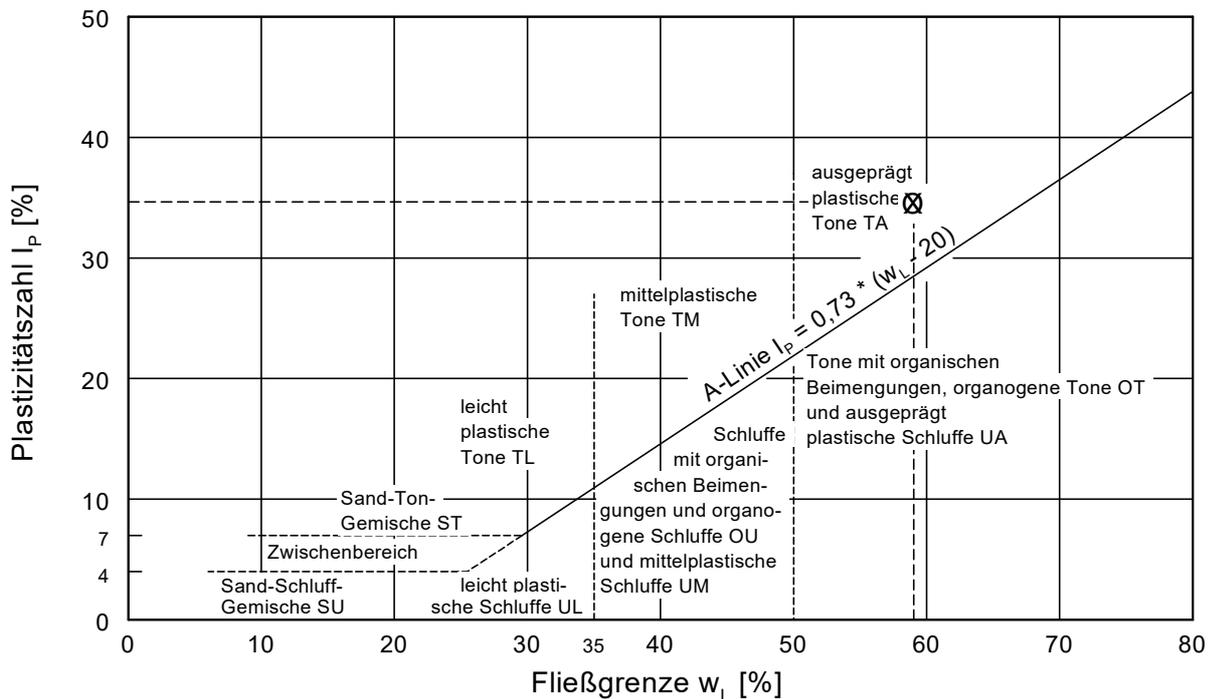
Bodenart: TA



Wassergehalt $w = 26.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 59.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 24.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 34.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.93$



Plastizitätsdiagramm



ausführende Firma:

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH
Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach

Analysen-
bericht
(EBV)
für die Probe
MP A



Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Pappelauer/Dietinger Straße“ in Markbronn

Anlage 4.1

Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH

Jörg-Syrlin-Straße 65-67
89081 Ulm

Analysenbericht Nr.	532/10038S	Datum:	25.09.2023
----------------------------	-------------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH
 Projekt : NBG Pappelauer/Dietinger Str.
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : 19.09.2023 Probeneingang : 20.09.2023
 Originalbezeich. : MP A
 Probenbezeich. : 532/10038S
 Untersuch.-zeitraum : 20.09.2023 – 25.09.2023

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (BM-0*)

Parameter	Einheit	Messwert	BM-0*	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe				DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	83,3	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	49	-	Siebung
Glühverlust	[Masse %]	4,2	-	DIN EN 15169 :2007-05
TOC	[Masse %]	0,12	1	DIN EN 15936 :2012-11

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (BM-0*)

2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	BM-0*	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	2,2	20	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	13	140	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,22	1	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	20	120	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	16	80	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	20	100	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,6	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	1	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	50	300	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser				EN 13657 :2003-01

2.2 Summenparameter, PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0*	Methode
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30			DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50		300	DIN EN 14039 :2005-01
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01			
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01			
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01			
PCB 118	[mg/kg TS]	< 0,01			
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01			
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01			
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01			
Σ PCB (7):	[mg/kg TS]	n.n.		0,1	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04			
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	< 0,04			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.		6	DIN ISO 18287 :2006-05

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat (BM-0*)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0*	Methode
Eluatherstellung – Schütteleluat [l:s]		2 : 1			DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert	[-]	8,16			DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	183		350	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4		8	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		23	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		20	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		20	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05		0,1	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 0,2		0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10		100	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Sulfat	[mg/l]	< 5		250	EN ISO 10304 :2009-07

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0*	Methode
PCB 28	[µg/l]	< 0,002			
PCB 52	[µg/l]	< 0,002			
PCB 101	[µg/l]	< 0,002			
PCB 118	[µg/l]	< 0,002			
PCB 138	[µg/l]	< 0,002			
PCB 153	[µg/l]	< 0,002			
PCB 180	[µg/l]	< 0,002			
Σ PCB (7):	[µg/l]	n.n.		0,01	DIN EN 15308 :2016-12
1-Methylnaphthalin	[µg/l]	0,007		2	DIN 38 407 F 39 : 2011-09
2-Methylnaphthalin	[µg/l]	0,006			DIN 38 407 F 39 : 2011-09
Naphthalin	[µg/l]	0,022			DIN 38 407 F 39 : 2011-09
Acenaphthylen	[µg/l]	< 0,005			
Acenaphthen	[µg/l]	0,006			
Fluoren	[µg/l]	< 0,005			
Phenanthren	[µg/l]	0,007			
Anthracen	[µg/l]	< 0,005			
Fluoranthren	[µg/l]	0,006			
Pyren	[µg/l]	< 0,005			
Benzo(a)anthracen	[µg/l]	< 0,005			
Chrysen	[µg/l]	< 0,005			
Benzo(b)fluoranthren	[µg/l]	< 0,005			
Benzo(k)fluoranthren	[µg/l]	< 0,005			
Benzo(a)pyren	[µg/l]	< 0,005			
Dibenz(a,h)anthracen	[µg/l]	< 0,005			
Benzo(a,h,i)perylen	[µg/l]	< 0,005			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[µg/l]	< 0,005			
Σ PAK (15):	[µg/l]	0,019		0,2	DIN 38 407 F 39 : 2011-09

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (EBV Anl. 1, Tab3) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 25.09.2023

Onlinedokument ohne Unterschrift

M.Sc. Ruth A. Schindele
(stellv. Laborleiterin)

ausführende Firma:

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH
Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach

Analysen-
bericht (VwV)
für die Probe
MP A



Projekt: 19105/W / 13.10.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Pappelauer/Dietinger Straße“ in Markbronn

Anlage 4.2

Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH
 Jörg-Syrilin-Straße 65-67
 89081 Ulm

Analysenbericht Nr.	532/10038	Datum:	25.09.2023
----------------------------	------------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	: Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH	Entnahmestelle	:
Projekt	: NBG Pappelauer/Dietinger Str.	Art der Probe	: Boden
Projekt-Nr.	:	Probeneingang	: 20.09.2023
Art der Probenahme	: PN98	Probenbezeich.	: 532/10038
Entnahmedatum	: 19.09.2023		
Originalbezeich.	: MP A		
Probenehmer	: von Seiten des Auftraggebers		
Untersuch.-zeitraum	: 20.09.2023 – 25.09.2023		

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV:2007-03)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S L/L)		Z 0*	Z 1/2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	83,3	-	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2007-03
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	49	-	-	-	-	-	Siebung

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (VwV:2007-03)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S L/L)		Z 0*	Z 1/2	Z 2	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	2,2	10	15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	13	40	70	140	210	700	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,22	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	20	30	60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	16	20	40	80	120	400	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	20	15	50	100	150	500	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	EN ISO 11885 :2009-09
Vanadium	[mg/kg TS]	32						EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	50	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657 :2003-01

2.1 Summenparameter, PCB, BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S L/L)	Z 0*	Z 1/2	Z 2	Methode
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	1	3	10	DIN 38 409 -17 :1984-09
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30	100	200	300	1000	DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50	100	400	600	2000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	-	-	3	10	DIN EN ISO 17380 :2013-10
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308 :2016-12
Benzol	[mg/kg TS]	< 0,05					
Toluol	[mg/kg TS]	< 0,05					
Ethylbenzol	[mg/kg TS]	< 0,05					
m,p-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,05					
o-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,05					
Σ BTXE:	[mg/kg TS]	n.n.	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4 : 2000
Vinylchlorid	[mg/kg TS]	< 0,01					
Dichlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
1-2-Dichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
cis 1,2 Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
trans-Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Chloroform	[mg/kg TS]	< 0,01					
1.1.1- Trichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Trichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Σ LHKW:	[mg/kg TS]	n.n.	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4 : 2000
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

3.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle, Summenparameter, Chlorid, Sulfat

Parameter	Einheit	Messwert		Z0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung								DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	8,32		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	97		250	250	1500	2000	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4		- 14	14	20	60	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		- 40	40	80	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		- 1,5	1,5	3	6	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		- 125	12,5	25	60	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		- 20	20	60	100	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		- 15	15	20	70	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05		- 0,5	0,5	1	2	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 1						DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Vanadium	[µg/l]	< 4						DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10		- 150	150	200	600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Phenolindex	[µg/l]	< 10		20	20	40	100	DIN EN ISO 14402:1999-12
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		5	5	10	20	EN ISO 14403 :2012-10
Chlorid	[mg/l]	< 2		30	30	50	100	EN ISO 10304: 2009-07
Sulfat	[mg/l]	< 5		50	50	100	150	EN ISO 10304 :2009-07

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (VwV:2007-03) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 25.09.2023

Onlinedokument ohne Unterschrift

M.Sc. Ruth A. Schindele
(stellv. Laborleiterin)