

Gutachten

Nr. 23005

- Projekt:** Erschließung des Neubaugebiets
„Birkebene V“
- Ort:** 89134 Blaustein
(Flurstücke Nr. 84, 566, 563/1, 564 und 566
sowie Teile von Nr. 80, 561 und 562/1)
- Auftraggeber:** PEG GmbH
75417 Mühlacker, Industriestraße 47 West
- Untersuchungsauftrag:** Baugrundbeurteilung und geo-/umwelt-
technische Beratung sowie hydrogeologische
Untersuchungen

Ulm, den 06.12.2023

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	3
2. Untersuchungsumfang	3
3. Gelände und Bauvorhaben	5
4. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	8
5. Allgemeine bautechnische Folgerungen	12
5.1 Straßenbau	12
5.2 Wasserleitungsbau	14
5.3 Kanalbau	15
5.4 Wiederverwendung des Aushubs / Grabenverfüllung	16
5.5 Gründung Hochbau	17
6. Hinweise für die Bauausführung	18
6.1 Homogenbereiche	18
6.2 Leitungsgräben / Baugruben	21
6.3 Sonstige Hinweise	22
7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit	22
8. Umwelttechnische Beurteilung der Böden	24
9. Schlussbemerkung	25

- Anlagen:**
- (1) Bebauungsplan mit Untersuchungsstellen,
Maßstab ca. 1:1.000
 - (2) Schichtprofile, Höhenmaßstab ca. 1:50
 - (3) Bodenmechanische Laborergebnisse
 - (4) Umweltchemische Laborergebnisse

1. Vorgang

Am Nordwestrand von Blaustein-Herrlingen ist die Erschließung des Neubaugebiets „Birkebene V“ geplant.

Zur Klärung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im betreffenden Areal wurde die SCHIRMER-Ingenieurgesellschaft beauftragt, eine geo-/umwelttechnische Untersuchung durchzuführen und die bautechnischen Folgerungen für den Straßen-, Wasserleitungs- und Kanalbau darzulegen. 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 erfolgten umwelttechnische Untersuchungen an den betroffenen Böden für eine erste Einschätzung im Hinblick auf die Entsorgung.

Für die Durchführung der Geländearbeiten und zur Erstellung des Gutachtens stand der Städtebauliche Entwurf V4, Maßstab 1:500, vom 04.05.2023 zur Verfügung.

Bereits 2004 wurde für das östlich angrenzende Neubaugebiet „Birkebene“ eine Baugrunduntersuchung durchgeführt (vgl. unser Gutachten Nr. 04138 vom 16.04.2004). Die relevanten Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden im vorliegenden Gutachten mitverwendet.

2. Untersuchungsumfang

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 20.10.2023 sechs Schürfgruben (SCH 5 bis 10) mit Tiefen zwischen 2,3 m und 3,2 m angelegt. Die Endtiefen ergaben sich aus felsartigen Schichten, die im kleinen Aufschluss nicht mehr weiter gelöst werden konnten.

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 Schürfgruben SCH 6 und 10 fanden darüber hinaus Versickerungsversuche (Pilot-Anlagen) statt. Mit den daraus gewonnenen Messwerten wurde die Durchlässigkeit des Untergrunds errechnet. Weitere Sickerversuche erfolgten 2004 in den Schürfen SCH 1b und 3.

Die Untersuchungsstellen wurden der Lage nach eingemessen. Die Ansatzpunkte sowohl der Schürfen von 2023 als auch der relevanten von 2004 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 Schürfe SCH 1b und 3 von 2004 dargestellt.

Aus den relevanten Bodenschichten wurden Proben entnommen und zur weiteren Bearbeitung in unser bodenmechanisches Labor gebracht. Dort erfolgte an den beiden Proben B7.1 und B9.1 (SCH 7 und 9) 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 relevanten Ergebnisse der Untersuchungen von 2004 enthalten.

Aus den bei SCH 5 bis 10 angetroffenen Böden wurden die sechs Mischproben MP 5 bis MP 10 erstellt (siehe Anlage 2). Daraus wurden die Sammelproben MP A (aus MP 5 bis 7) sowie MP B (aus MP 8 bis 10) angefertigt. Daran erfolgte im Labor BVU, Markt Rettenbach eine umweltchemische Analyse auf die Parameter der neuen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) sowie der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg (VwV B.-W.). Die umweltchemischen Laborergebnisse sind in der Anlage 4 enthalten, eine Bewertung findet sich in Kapitel 8.

3. Gelände und Bauvorhaben

Das geplante Neubaugebiet „Birkebene V“ liegt am nordwestlichen Ortsrand von Blaustein-Herrlingen, nördlich der Erwin-Rommel-Steige sowie westlich der Bebauung entlang der Anna-Essinger-Straße. Im Norden und Westen schließen sich landwirtschaftliche Flächen an.

Es handelt sich um die Flurstücke Nr. 84, 566, 563/1, 564 und 566 sowie Teile von Nr. 80, 561 und 562/1, die sich zusammen über maximal etwa 280 m x 130 m erstrecken. Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten am 20.10.2023 bestand das Bauareal aus Acker- und Grünland (vgl. Bilder 1 bis 4). Insgesamt fällt das Gelände steil nach Süden ein. Nach der topografischen Karte beträgt der maximale Höhenunterschied ungefähr 20 m.

Die Erschließung umfasst den Neubau einer Anliegerstraße mit drei Stichstraßen zur Anna-Essinger-Straße (siehe Anlage 1). Die Gradienten der neuen Straßen sind wahrscheinlich etwa auf dem derzeitigen Geländeniveau vorgesehen.

Die neuen Ver- und Entsorgungsleitungen werden i.d.R. innerhalb der Verkehrsflächen 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 51 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“). Der gesamte Bereich liegt innerhalb der Wasserschutzzone III bzw. IIIA des Wasserschutzgebiets „WSG 212 Herrlingen-Dannenäcker“.



Bild 1: Baugebiet am 20.10.2023 / Blickrichtung Süden



Bild 2: Baugebiet am 20.10.2023 / Blickrichtung Westen



Bild 3: Baugebiet am 20.10.2023 / Blickrichtung Nordwesten



Bild 4: Baugebiet am 20.10.2023 / Blickrichtung Nordosten

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 2004 und 2023 der nachfolgend beschriebene Schichtenaufbau (siehe Anlage 2).

Zunächst lag bei allen Aufschlüssen eine 0,1 m bis 0,3 m mächtige **Mutterbodenschicht** (Grasnarbe bzw. Ackerkrume) vor.

Darunter folgten bei SCH 6 bis 8 **Molassemergel**. Weitere Mergelschichten wurden bei SCH 3 von 0,6 m bis 1,4 m und bei SCH 7 von 2,4 m bis 2,8 m Tiefe angetroffen. Die Molassemergel waren als teils schwach tonige bis tonige, teils schwach sandige bis sandige und teils schwach kiesige bis kiesige Schluffe ausgebildet. Sie besaßen eine steife bis halbfeste Konsistenz und reichten bei SCH 6 bis 8 bis in Tiefen von 0,4 m und 0,5 m.

Dort wurden die Mergel von **stark verlehnten Kalksteinen** unterlagert, die bodenmechanisch als Kalksteine und -blöcke in einer schluffig-sandigen Matrix anzusprechen waren. Diese Schicht stand bei SCH 1b, 3, 5 und 10 bereits direkt unter dem Mutterboden an. Deren Matrix besaß durchwegs eine steife Konsistenz.

Bei den Schürfgruben SCH 9 und 10 wurde in 1,1 m Tiefe unter den stark verlehnten Kalksteinen eine 0,2 m dicke **Kalkmergelsteinplatte** aufgeschlossen

Darunter folgte **verwitterter Kalkfels**, der bei SCH 1b, 3, 5, 7 und 8 unter den stark verlehmtten Kalksteinen bzw. Molassemergeln anstand (vgl. Tabelle 1). Hierbei handelte es sich um Kalksteine/-blöcke mit Schluffeinlagerungen, die bei SCH 1b, 3, 8, 9 und 10 bis zur Endtiefe der Schürfe reichten, in der sie nicht mehr weiter gelöst werden konnten.

Als weiteres Schichtglied wurde in den Schürfen SCH 5 bis 7 unter den genannten Schichten **unverwitterter Kalkfels** aufgeschlossen (vgl. Tabelle 1). Dieser war blockig ausgebildet und reichte dort bis zur Endtiefe, in der er noch nicht durchteuft war.

Darüber hinaus stand bei der Schürfgrube SCH 10 von 2,8 m bis 3,1 m Tiefe noch eine Lage aus stark schluffigen **Kalktuffsanden** an, deren Feinanteile eine weichsteife Konsistenz besaßen.

Der verwitterte sowie unverwitterte Kalkfels steht nach den Untersuchungsergebnissen etwa ab den nachfolgend in Tabelle 1 aufgeführten Tiefen unter Gelände an.

Tabelle 1: Oberkante verwitterter und unverwitterter Kalkfels

	OK verwitterter Kalkfels/ Kalkmergelstein	OK unverwitterter Kalkfels
- SCH 1b:	ca. 1,0 m	-
- SCH 3:	ca. 1,4 m	-
- SCH 5:	ca. 1,0 m	ca. 2,2 m
- SCH 6:	-	ca. 2,6 m
- SCH 7:	ca. 1,7 m	ca. 2,8 m
- SCH 8:	ca. 2,4 m	-
- SCH 9:	ca. 1,1 m	-
- SCH 10:	ca. 1,1 m	-

Grundsätzlich sind weitere Wechselhaftigkeiten bezüglich der Zusammensetzung und der Beschaffenheit der einzelnen Schichten nicht auszuschließen. Insbesondere kann die Obergrenze und Ausdehnung der verwitterten und unverwitterten Kalkfelsbänke - auch infolge von Verkarstung - schwanken.

In der folgenden Tabelle 2 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.

Die Kalktuftsande sind darin aufgrund ihrer geringen Ausdehnung und Mächtigkeit nicht enthalten.

Tabelle 2: charakteristische Bodenkennwerte

ortsübliche Schichtbezeichnung (Bodengruppe nach DIN 18196)	Wichte des feuchten Bodens γ_k	Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'_k	Reibungs- winkel φ'_k	Kohäsion c'_k	Steife- modul $E_{s,k}$
	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²
Molassemergel (UL/UM/UA/TL/TM)	19 - 20	10 - 11	22,5 - 25	8 - 15	10 - 15
stark verlehnte Kalksteine (GU*)	20 - 21	11 - 12	30 - 35	1 - 3	30 - 50
verwitterter Kalkfels/ Kalkmergelstein (GX)	21	12	37,5	0	100 - 120
unverwitterter Kalkfels (-)	23	13	40 - 45**	-	>200

** Ersatzreibungswinkel

Die Baufläche liegt in der **Erdbebenzone 0** und im Bereich der Untergrundklasse R. Außerdem ist das stratigraphische Profil der Baugrundklasse C (Mergel, stark verlehnte Kalksteine und Sande) bzw. A/B (Kalkfels/ Kalkmergelstein) 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 07.04.2004 und 20.10.2023 wurde in den Schürfgruben 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 ergiebige Schichtwasserführung erfahrungsgemäß nicht ganz ausgeschlossen werden.

5. Allgemeine bautechnische Folgerungen

5.1 Straßenbau

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

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 zugeteilt werden.

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) liegen die Straßensohlen damit bei SCH 3 von 2004 in steifen Mergeln, was auch im untersuchten Areal nicht auszuschließen ist.

Bei den anderen Schürfen liegen sie hingegen in den stark verlehnten Kalksteinen, in denen keine Zusatzmaßnahmen zur Auflagerung des Straßenkoffers erforderlich sind.

In den Mergeln 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, dort wo Mergel angetroffen werden, unter dem Straßenkoffer einen teilweisen Bodenaustausch durchzuführen, um den Anforderungen des Straßenbaus gerecht zu werden. Bei größeren Flächen kann alternativ das Erdplanum auch durch eine Bindemittelzugabe verbessert 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 Schicht 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. 30 - 40 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.

Im Bereich der **Wasserschutzzone** III / IIIA sind nach den Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag 16) Schutzmaßnahmen vorzusehen, welche die Möglichkeit einer Verunreinigung des Grundwassers beim Bau und während des Betriebs der Straßen verhindern.

Ein einheitlicher Grundwasserspiegel ist erst in größerer Tiefe zu erwarten (vgl. Kapitel 4). Daher ist nach Tabelle 2 dieser Richtlinie die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung im untersuchten Bereich nach den Ergebnissen der Durchlässigkeitsbeiwert-Bestimmungen und unseren Erfahrungen als „mittel bis groß“ zu beurteilen.

Die Art der in der Schutzzone III bzw. IIIA zu wählenden Entwässerungsmaßnahmen hängt von dieser Schutzwirkung und der Verkehrsmenge ab und ist gemäß Tabelle 3 der RiStWag einzustufen. In Abschnitt 6.2.6 der RiStWag sind die einzelnen Entwässerungsmaßnahmen - je nach Stufe - beschrieben und in Abschnitt 9 die Maßnahmen bei Baustelleneinrichtungen und Baudurchführung. Außerdem sind gegebenenfalls weitere Auflagen durch die Fachbehörde zu berücksichtigen.

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 stark verlehnten Kalksteinen sowie eventuell noch in den Molassemergeln (siehe SCH 3). Diese Schichten eignen sich in der angetroffenen Zusammensetzung und Zustandsform bei einer fachgerechten Ausführung für eine direkte Auflagerung. Darin 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 überwiegend bereits im verwitterten bzw. unverwitterten Kalkfels sowie bereichsweise noch in den stark verlehnten 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 bei SCH 7 ca. 2,4 m Tiefe anstehenden Molassemergel sowie die Kalktuffsande bei SCH 10 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 Kalksteinen oder Kalkfels 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 Kalkstein- oder Kalkmergelsteinanteile 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 bereits im Kalkfels. Darin ist eine Gründung über Streifen-/Einzelfundamente oder über eine Bodenplatte problemlos möglich. Allerdings sind innerhalb dieser Schichten Mergel- oder Sandlagen nicht auszuschließen. Darin sind gegebenenfalls die unten genannten Maßnahmen erforderlich.

Bei nicht unterkellerten Bauwerken steht in der Gründungssohle bei den Schürfgruben SCH 1b, 5, 9 und 10 bereits der tragfähige Kalkfels an.

Bei den übrigen Schürfen liegen hingegen noch stark verlehnte Kalksteine sowie eventuell Mergel vor, die nur für die Aufnahme sehr geringer Bauwerkslasten geeignet sind. In diesen Schichten sind daher 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.

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.

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

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 drei Homogenbereiche laut Tabelle 3 und 4 eingeteilt. Grundsätzlich erfolgt die Einteilung der Homogenbereiche gemäß den erkundeten Schichten.

Folgende Homogenbereiche wurden definiert:

- Homogenbereich B1: Molassemergel, stark verlehnte Kalksteine und Kalktuffsande
- Homogenbereich X1: verwitterter Kalkfels / Kalkmergelstein
- Homogenbereich X2: unverwitterter Kalkfels

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. 3: vorläufiger Homogenbereich nach DIN 18300 für **Boden**

	DIN 18300	Homogenbereich B1
ortsübliche Bezeichnung	x	Molassemergel, stark verlehnte Kalksteine und Kalktuffsande
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 60 % 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	10 bis 35 ¹⁺²⁾
Konsistenzzahl [-] nach DIN EN ISO 17892-12	x	0,8 bis 1,5 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	1,8 bis 2,1 ²⁾
organischer Anteil [%] nach DIN 18128	x	< 5 ²⁾
Bodengruppe nach DIN 18196	x	UL/UM/UA/TL/TM/GU*/SU*
Boden-/Felsklasse nach ehem. gültiger DIN 18300:2012		4 / z.T. 6

¹⁾ auf der Grundlage von Laborversuchen (siehe Anlage 3)
²⁾ auf der Grundlage von Erfahrungswerten

Tab. 4: vorläufige Homogenbereiche gemäß DIN 18300 für **Fels**

	DIN 18300	Homogenbereich X1	Homogenbereich X2
ortsübliche Bezeichnung	x	verwitterter Kalkfels / Kalkmergelstein	<u>un</u>verwitterter Kalkfels
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	x	klastisch, massig, Karbonate	klastisch, massig/ geschichtet, Karbonate
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 [g/cm ³]	x	2,1 bis 2,4 ²⁾	2,2 bis 2,6 ²⁾
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	x	3 bis 4 ²⁾	1 bis 2 ²⁾
Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	x	5 bis 100 ²⁾	100 bis 250 ²⁾
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	x	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Bodengruppe nach DIN 18196	x	GX	-
Felsklasse nach ehem. gültiger DIN 18300:2012		6 / z.T. 7	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 und stark verlehmtten Kalksteinen nicht überschritten werden. In den Molassesanden und im verwitterten Kalkfels ist dagegen ein Böschungswinkel von maximal 45° zulässig. Bei einem unverwitterten massiven Kalkfels ohne ausgeprägte Klüftung kann mit bis zu 80° geböscht werden.

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.

Auch beim Kanalbau können aufwändige Meißelarbeiten zur Felslösung erforderlich werden (vgl. Kapitel 6.1).

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 stark verlehnten Kalksteine 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 1b und 3 von 2004 sowie SCH 6 und 10 von 2023 wurden Sickerversuche durchgeführt, die insbesondere den verwitterten bzw. unverwitterten Kalkfels 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 $6,0 \times 10^{-4}$ m/s, $9,0 \times 10^{-5}$ m/s, $9,5 \times 10^{-4}$ m/s und $4,8 \times 10^{-4}$ 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 1b: $k_f = 1,2 \times 10^{-3}$ m/s

SCH 3: $k_f = 1,8 \times 10^{-4}$ m/s

SCH 6: $k_f = 1,9 \times 10^{-3}$ m/s

und

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

Der untersuchte Kalkfels ist somit als „stark durchlässiger“ ($k_f > 10^{-4}$ bis 10^{-2} 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 bei SCH 3 und SCH 10 eingehalten, d.h. dort ist aufgrund der Durchlässigkeit eine Versickerung möglich.

Bei SCH 1b und SCH 6 wurden zu hohe Werte erzielt. Daher ist dort eine zusätzliche Überdeckung des Kalkfelsens sowie eine Filterung des Wassers, z.B. mittels eines Schotterpakets, vor der Ableitung in den Untergrund erforderlich. Die Vorgehensweise sollte grundsätzlich, auch wegen der Lage in der Wasserschutzgebiets-Zone III und IIIA, mit den zuständigen Fachbehörden abgestimmt werden.

Der untersuchte Kalkfels steht nach den Feldversuchsergebnissen ab Tiefen zwischen ca. 1,0 m und 2,4 m an (vgl. Tabelle 1). 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. Umwelttechnische Beurteilung der Böden

Aus den Bodenschichten aller sechs Schürfgruben von 2023 wurden die Mischproben MP 5 bis MP 10 erstellt (siehe Anlage 2) und daraus die Sammelproben MP A (aus MP 5 bis 7) und MP B (aus MP 8 bis 10) gebildet. Diese beiden Proben wurden zur umweltchemischen Analyse in das Labor BVU, Markt Rettenbach verschickt.

Dort erfolgten an der Probe MP A umweltchemische Analysen auf die Parameter der neuen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) sowie an MPA und MP B auf die Parameter der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg (VwV B.-W.). Die vollständigen Analysenberichte sind in der Anlage 4 enthalten.

Bei den angetroffenen durchwegs natürlich gewachsenen Böden handelte es sich im oberen Bereich um Schluffe mit wechselnden Nebenanteilen (Molassemergel) sowie um Kalksteine und -blöcke in einer schluffigen Matrix (stark verlehmt Kalksteine). Vereinzelt lagen Kalktuffsande vor. Die genannten Deckschichten wurden von verwittertem und bereichsweise unverwittertem Kalkfels unterlagert. Diese Felsschichten reichten bis zu den Endtiefen der Schürfgruben.

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 den Sammelproben **MP A** und **MP B** die **Z 0 – Zuordnungswerte** der VwV Baden-Württemberg ein.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die durchgeführte 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.

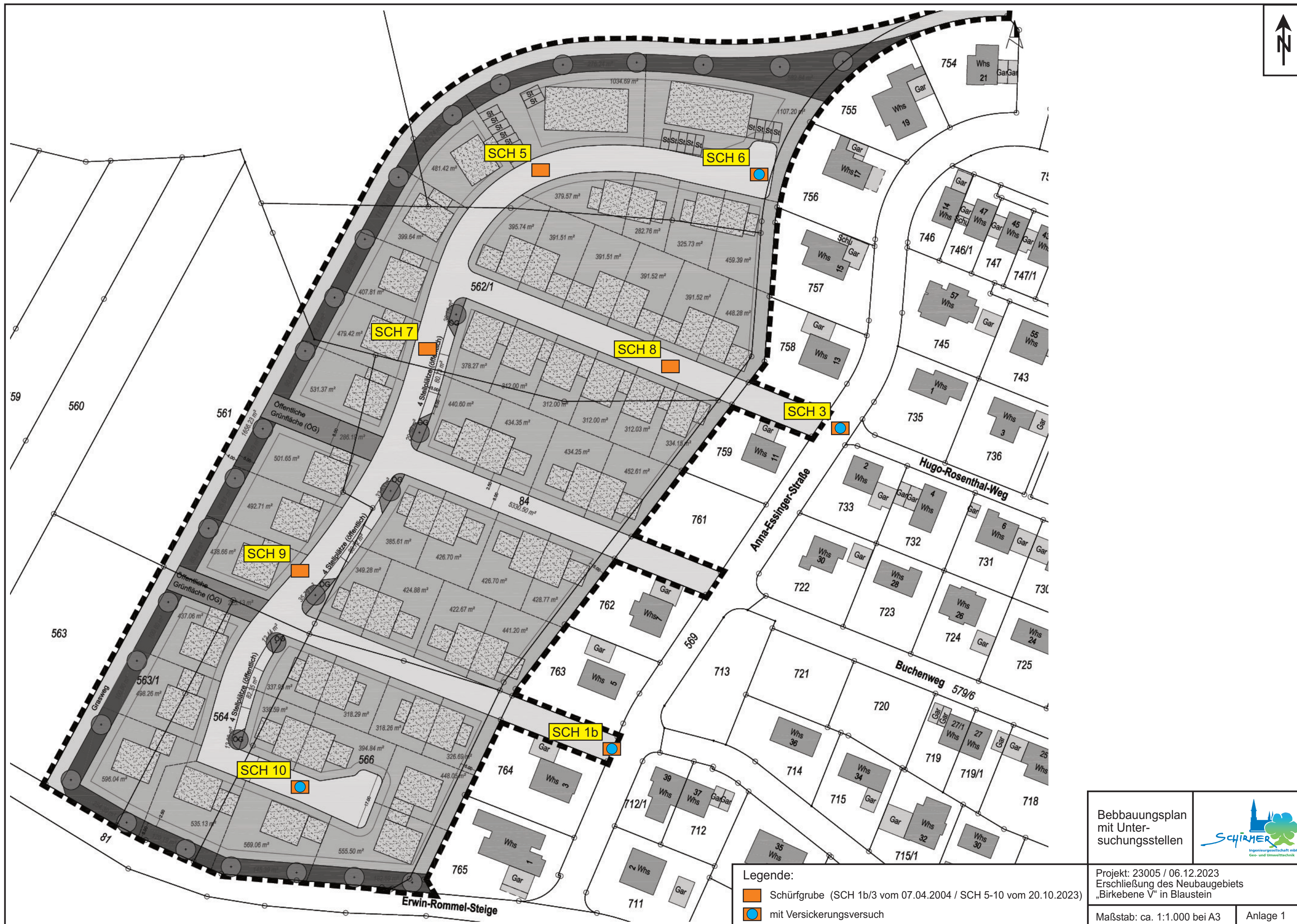
Die fachtechnischen Aussagen beziehen sich auf den uns zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Stand der Planung.

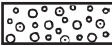


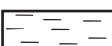




Falls sich im Zuge der weiteren Planung oder Bauausführung noch geo- oder umwelttechnische Fragen ergeben, bitten wir unser Büro beratend einzuschalten.

SCHIRMER - Ingenieurgesellschaft mbH







- gez. D. Schirmer -




(Dipl.-Ing. Daniel Schirmer)



Benennung	Kurzzeichen		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

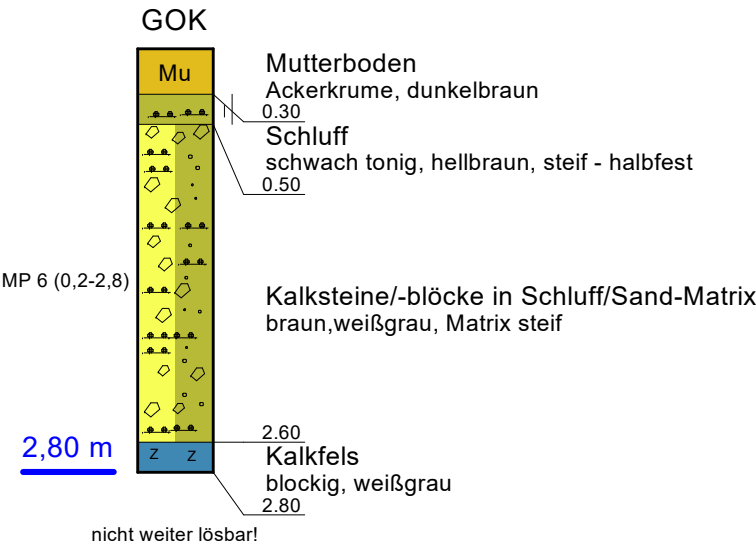
Beimengung
Darstellung einer "schwachen" durch [.] einer "starken" Beimengung durch [*] hinter dem Kurzzeichen.

Legende zu den
Bodenprofilen nach
DIN EN ISO 14688

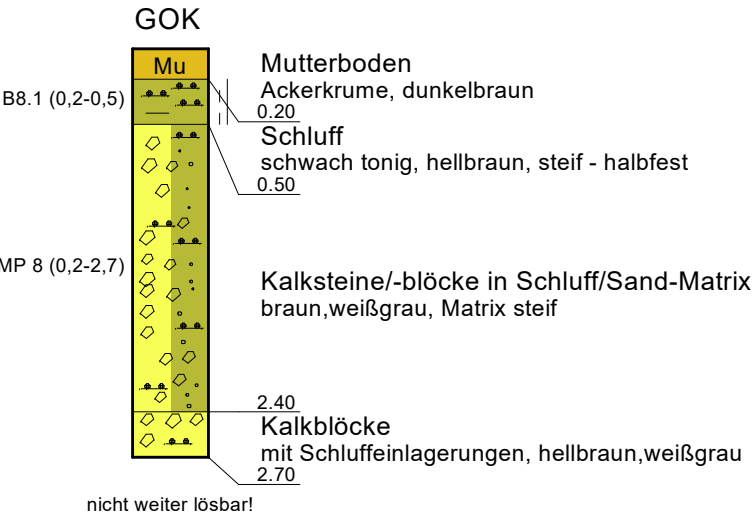


Projekt: 23005 / 06.12.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Birkebene V“ in Blaustein

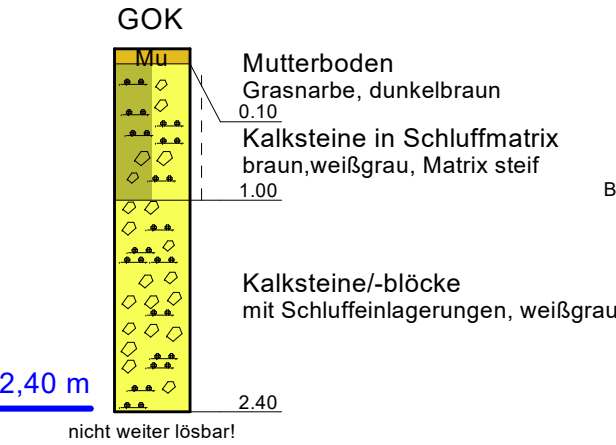
SCH 6



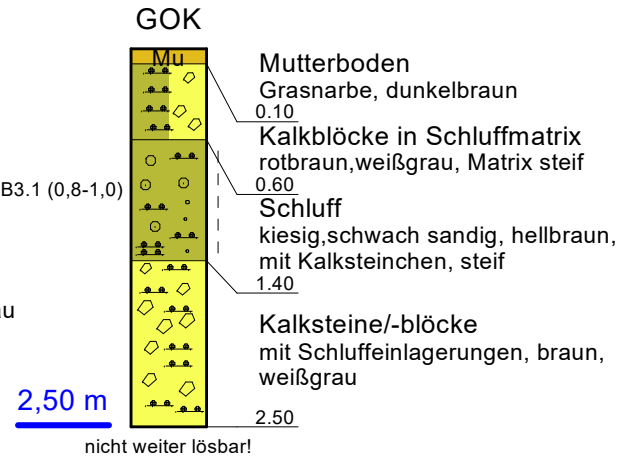
SCH 8



SCH 1b



SCH 3



Schichtprofile



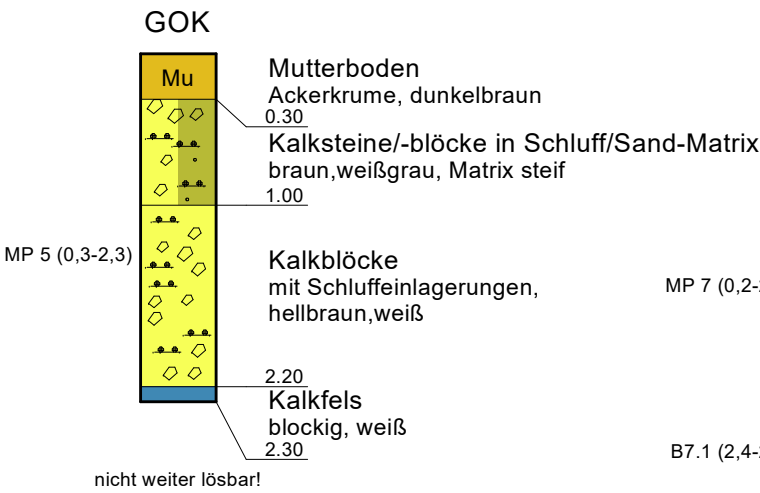
Projekt: 23005 / 06.12.2023
Erschließung des Neubaugebiets
"Birkebene V" in Blaustein

Höhenmaßstab ca. 1:50 bei A3 Anlage 2.2

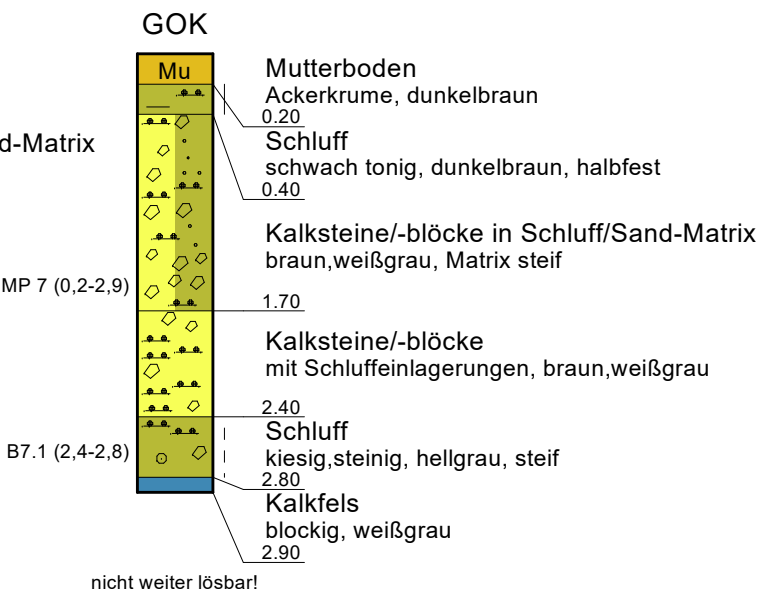
— Versickerungsversuch mit Tiefenangabe

SCH 1b/3 vom 07.04.2004 / SCH 6/8 vom 20.10.2023

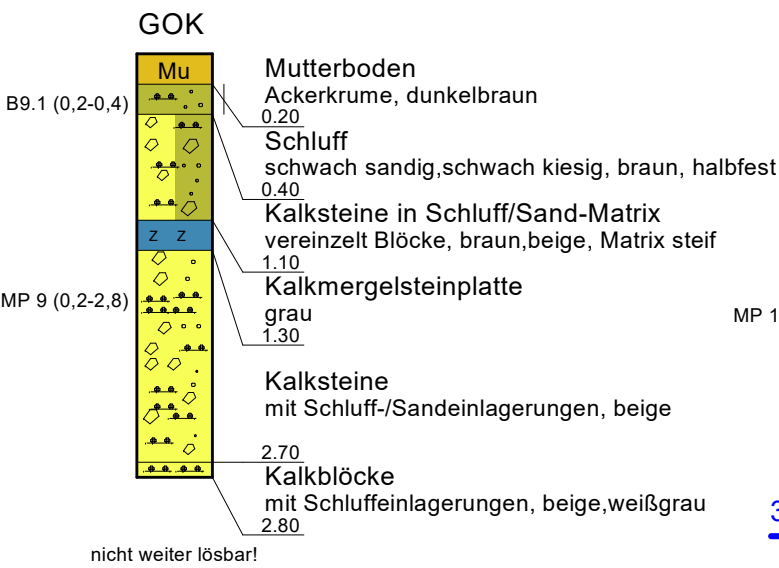
SCH 5



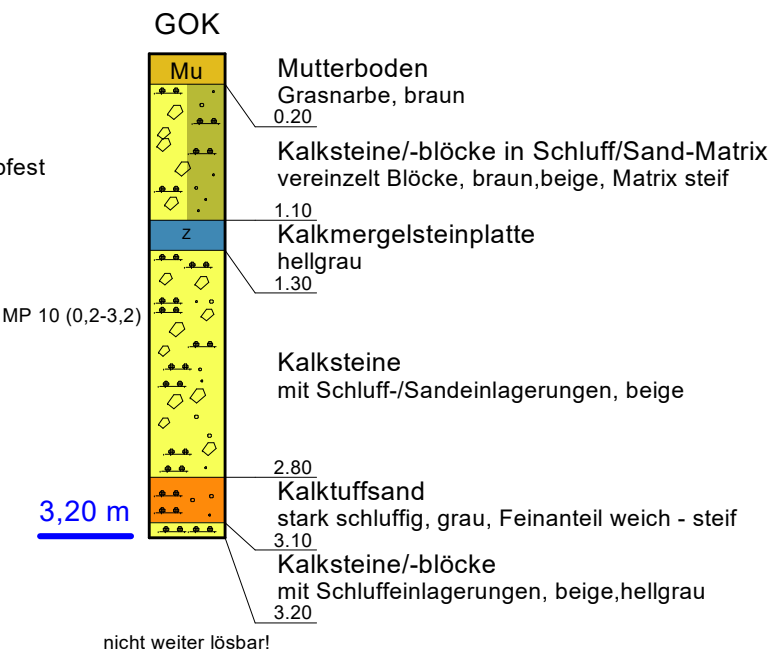
SCH 7



SCH 9



SCH 10



— Versickerungsversuch mit Tiefenangabe

Schichtprofile



Projekt: 23005 / 06.12.2023
Erschließung des Neubaugebiets
"Birkebene V" in Blaustein

Höhenmaßstab ca. 1:50 bei A3 Anlage 2.3

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Erschließung des Neubaugebiets

"Birkebene V" in Blaustein

Bearbeiter: Lohse

Datum: 05.12.2023

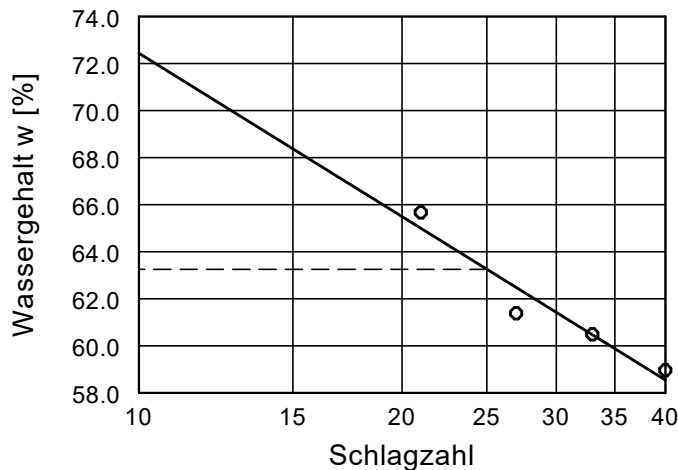
Probe: B8.1

Entnahmestelle: SCH 8

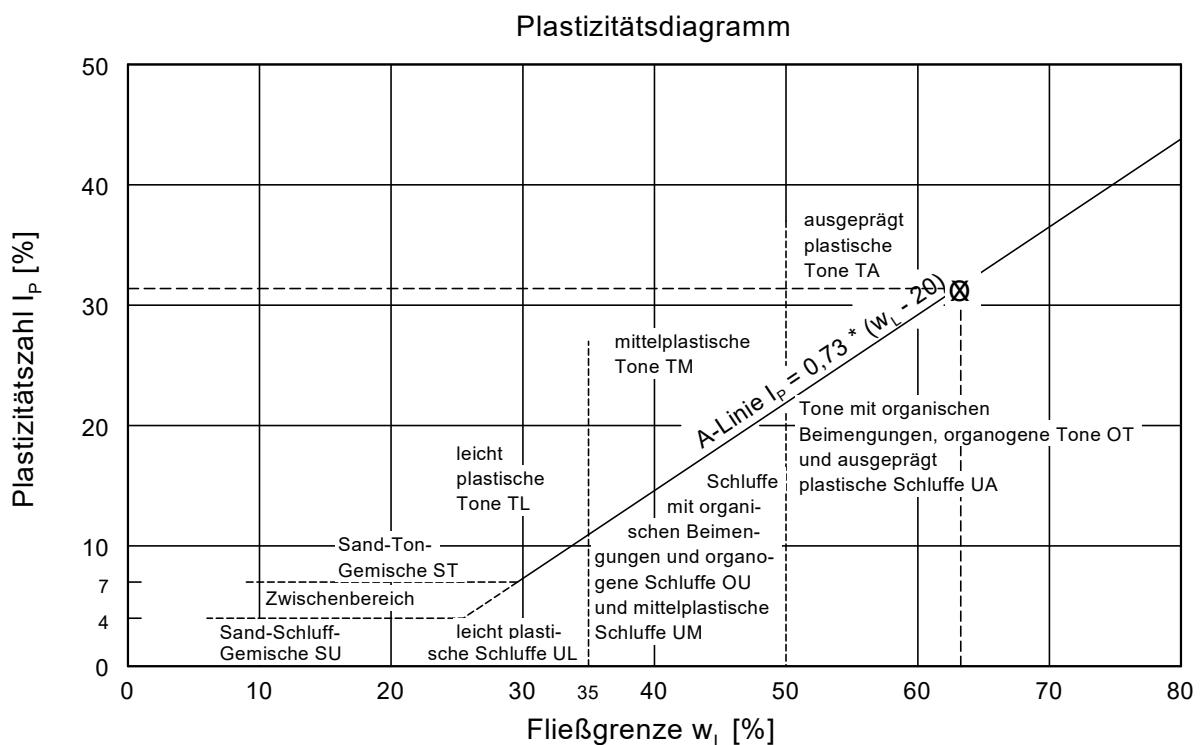
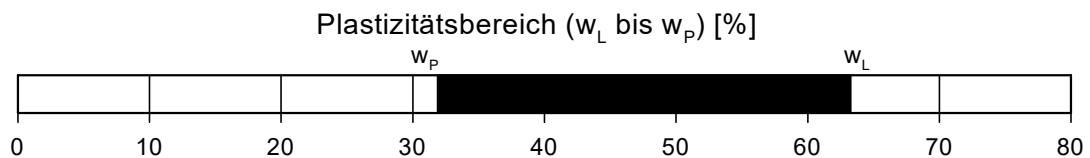
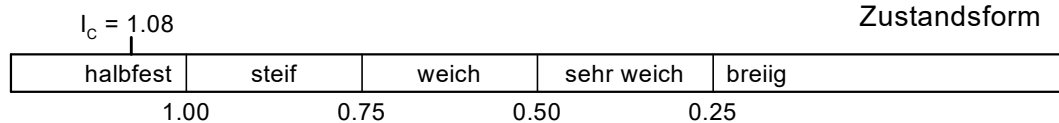
Tiefe: 0,2 - 0,5 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: UA



Wassergehalt $w = 29.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 63.3 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 31.9 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 31.4$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.08$



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Erschließung des Neubaugebiets

"Birkebene V" in Blaustein

Bearbeiter: Lohse

Datum: 05.12.2023

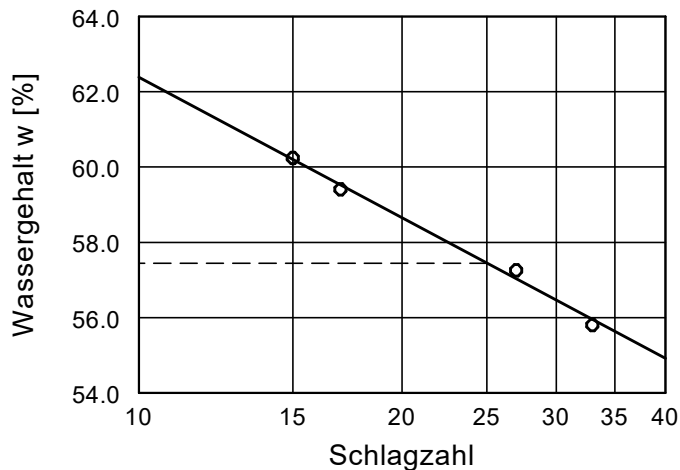
Probe: B9.1

Entnahmestelle: SCH 9

Tiefe: 0,2 - 0,4 m

Art der Entnahme: gestört

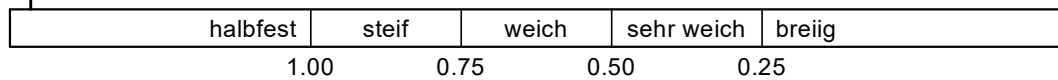
Bodenart: UA



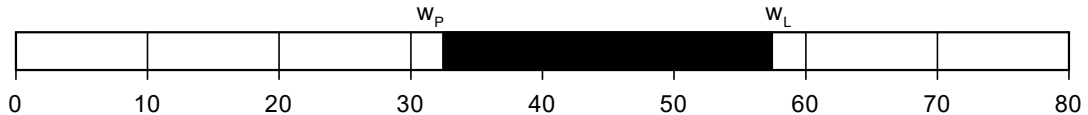
Wassergehalt $w = 20.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 57.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 32.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 25.0$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.47$

$I_C = 1.47$

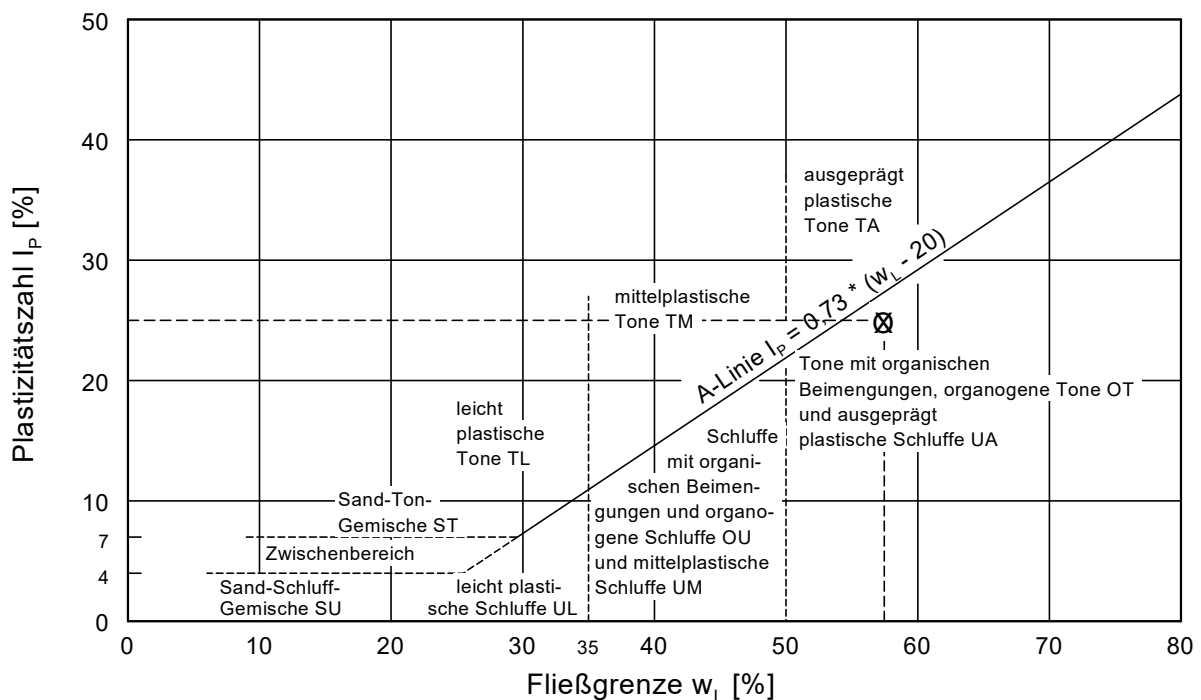
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm

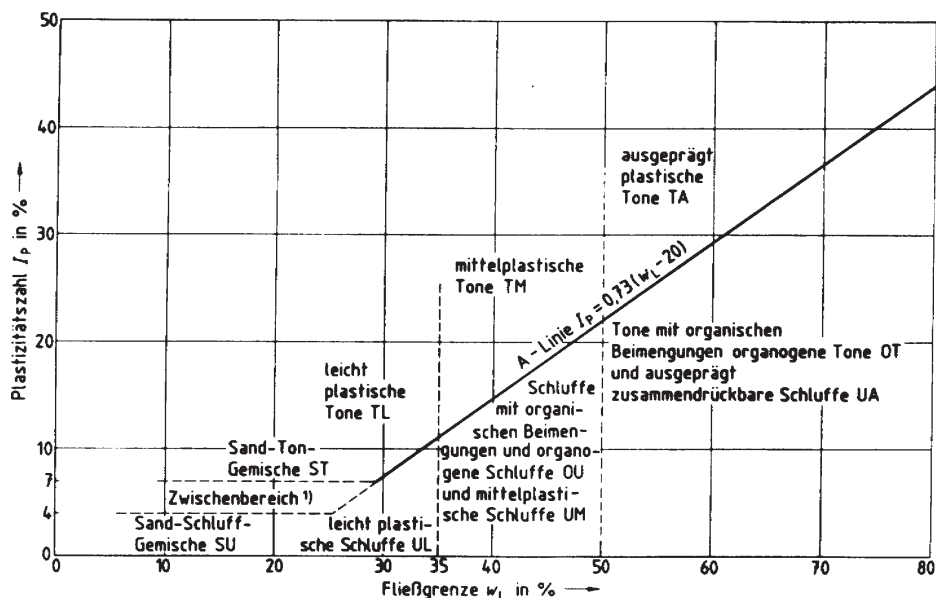


Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122

Anlage 3.3

Probe Nr.	B3.2		
Aufschluss	SCH 3		
Tiefe [m]	1,0		
Entnahmedatum	07.04.2004		
Wassergehalt w	$\frac{w_{\text{nat}}}{w < 0,4 \text{ mm}}$	0,180 0,235	
Fließgrenze w_L		0,312	
Ausrollgrenze w_P		0,215	
Plastizitätszahl I_P		0,097	
Konsistenzzahl I_C		0,794	
Zustandsform	steif		
Bodengruppe (DIN 18 196)	TL		

Plastizitätsdiagramm
nach DIN 18 196



ausführende Firma:

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH
Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach

Analysen-
bericht
(EBV)
für die Probe
MP A



Projekt: 23005 / 06.12.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Birkebene V“ in Blaustein

Anlage 4.1

Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH

Jörg-Syrin-Straße 65-67
89081 Ulm

Analysenbericht Nr.	532/10198S	Datum:	30.10.2023
----------------------------	-------------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH
 Projekt : Erschl. NBG "Birkebene V" in Blaustein
 Projekt-Nr. : 23005
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : 20.10.2023 Probeneingang : 24.10.2023
 Originalbezeich. : MP A
 Probenbezeich. : 532/10198S
 Untersuch.-zeitraum : 24.10.2023 – 30.10.2023
 Fremdstoffanteil : < 10 % TS

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

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe										DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	87,0		-	-	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	55		-	-	-	-	-	-	Siebung
Glühverlust	[Masse %]	3,0		-	-	-	-	-	-	DIN EN 15169 :2007-05
TOC	[Masse %]	0,23		1	1	5	5	5	5	DIN EN 15936 :2012-11

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

2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	8,6		20	20	40	40	40	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	5,5		70	140	140	140	140	700	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,2		1	1	2	2	2	10	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	22		60	120	120	120	120	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	11		40	80	80	80	80	320	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	15		50	100	100	100	100	350	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,05		0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4		1	1	2	2	2	7	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	33		150	300	300	300	300	1200	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser										EN 13657 :2003-01

2.2 Summenparameter, PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	1					DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30		300	300	300	300	1000	DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50		600	600	600	600	2000	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.	0,05	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)perylene	[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	6	6	6	9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat -Schütteleluat (BM-0/BM-F)

Parameter	Einheit	Messwert	BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
Eluatherstellung – Schütteleluat [l:s]		2 : 1							DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert	[-]	8,46			65–95	65–95	65–95	5,5-12	DIN EN ISO 10523 04:2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	119		350	350	500	500	2000	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4		8	12	20	85	100	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		23	35	90	250	470	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		2	3,0	3,0	10	15	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		10	15	150	290	530	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		20	30	110	170	320	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		20	30	30	150	280	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	12	20	85	1600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Sulfat	[mg/l]	< 5	250	250	250	450	450	1000	EN ISO 10304 :2009-07

Parameter	Einheit	Messwert	BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	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]	< 0,005		2					DIN 38 407 F 39 : 2011-09
2-Methylnaphthalin	[µg/l]	< 0,005							DIN 38 407 F 39 : 2011-09
Naphthalin	[µg/l]	0,009							DIN 38 407 F 39 : 2011-09
Acenaphthylen	[µg/l]	< 0,005							
Acenaphthen	[µg/l]	0,009							
Fluoren	[µg/l]	0,008							
Phenanthren	[µg/l]	0,006							
Anthracen	[µg/l]	< 0,005							
Fluoranthren	[µg/l]	< 0,005							
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)perylene	[µg/l]	< 0,005							
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[µg/l]	< 0,005							
Σ PAK (15):	[µg/l]	0,023		0,2	0,3	1,5	3,8	20	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.

BM-0-L = Grenzwerte BM-0 Lehm

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

Markt Rettenbach, den 30.10.2023

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

ausführende Firma:

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH
Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach

Analysen-
berichte (VwV)
für die Proben
MP A und MP B



Projekt: 23005 / 06.12.2023
Erschließung des Neubaugebiets
„Birkebene V“ in Blaustein

Anlage 4.2

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

Analysenbericht Nr.	532/10198	Datum:	30.10.2023
----------------------------	------------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	: Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH		
Projekt	: Erschl. NBG "Birkebene V" in Blaustein		
Projekt-Nr.	: 23005	Entnahmestelle	:
Art der Probenahme	: PN98	Art der Probe	: Boden
Entnahmedatum	: 20.10.2023	Probeneingang	: 24.10.2023
Originalbezeich.	: MP A	Probenbezeich.	: 532/10198
Probenehmer	: von Seiten des Auftraggebers		
Untersuchungszeitraum	: 24.10.2023 – 30.10.2023		

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	[%]	87,0		-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2007-03
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	55		-	-	-	-	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]	8,6		10	15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	5,5		40	70	140	210	700	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,2		0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	22		30	60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	11		20	40	80	120	400	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	15		15	50	100	150	500	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,05		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]	37							EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	33		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)perylene	[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	[-]	9,12		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	75		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 30.10.2023

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

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

Analysenbericht Nr.	532/10199	Datum:	30.10.2023
----------------------------	------------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	: Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH		
Projekt	: Erschl. NBG "Birkebene V" in Blaustein		
Projekt-Nr.	: 23005	Entnahmestelle	:
Art der Probenahme	: PN98	Art der Probe	: Boden
Entnahmedatum	: 20.10.2023	Probeneingang	: 24.10.2023
Originalbezeich.	: MP B	Probenbezeich.	: 532/10199
Probenehmer	: von Seiten des Auftraggebers		
Untersuchungszeitraum	: 24.10.2023 – 30.10.2023		

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	[%]	89,5		-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2007-03
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	69		-	-	-	-	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]	7,7		10 15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	5		40 70	140	210	700	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,12		0,4 1	1	3	10	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	16		30 60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	9,6		20 40	80	120	400	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	13		15 50	100	150	500	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,05		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]	27						EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	25		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)perylene	[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	[-]	8,85		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	75		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 30.10.2023

Onlinedokument ohne Unterschrift

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