

Ingenieurgeologie
Baugrunderkundung
Umweltgeologie
Deponiebau

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Telefon (0 73 61) 94 06-0
Telefax (0 73 61) 94 06 10
e-mail:
geotechnik.aalen@t-online.de

GUTACHTEN

Titel: Friedhofserweiterung Aalen - Fachsenfeld;
Ingenieur- und hydrogeologisches Gutachten

Auftraggeber: Stadt Aalen
Grünflächen- und Umweltamt
Marktplatz 30
73430 Aalen

Verteiler: - 66
- Arch. Lutz

Datum: 04. Dezember 2000

Az.: AA 00217 hö/hn/su

Verteiler: Stadt Aalen, Grünflächen- und Umweltamt

3- fach

1066
1062 ± Sammlung

Maier 4.8.05

**INHALT**

	Seite
1. VORGANG	4
2. LAGE, GEOLOGISCHE SITUATION	4
3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	6
4.1 Schichtenaufbau	6
4.2 Hydrogeologische Verhältnisse	8
4.3 Ergebnisse klassifizierender Laboruntersuchungen	9
4.4 Boden- und Felsklassen nach DIN 18300	10
5. FOLGERUNGEN FÜR DIE GEPLANTE FRIEDHOFSERWEITERUNG	10
5.1 Allgemeine Anforderungen für den Betrieb von Friedhöfen	10
5.2 Beurteilung der Standortbedingungen hinsichtlich ihrer Eignung für Bestattungen	12
5.3 Hinweise zur Gestaltung von Grabstätten	13
5.4 Vorschläge zur Ausführung befestigter Flächen	14
6. SCHLUSSBEMERKUNGEN	16



ANLAGEN

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Übersichtslageplan, M 1:25000

Anlage 1.2 Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:1000

Anlage 2 Profile der Schürfe

Anlage 3 Protokolle klassifizierender Laboruntersuchungen (Kornverteilungskurven)

Anlage 4 Generalisiertes geologisches Profil A- A', Maßstab 1:1000/250



1. VORGANG

Die Stadt Aalen plant eine Erweiterung des Friedhofes in Aalen - Fachsenfeld.

Im Rahmen der Planungsarbeiten wurde das Büro für Geotechnik Aalen mit der Erstellung eines ingenieur- und hydrogeologischen Gutachtens beauftragt.

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde uns durch das Grünflächen- und Umweltamt der Stadt Aalen ein Lageplan M. 1:1000 sowie durch die Planungsgruppe Lutz & Partner, Kirchheim/Ries, ein Vorabzug der Planung zur Verfügung gestellt.

2. LAGE, GEOLOGISCHE SITUATION

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nördlich der Ortslage Fachsenfeld (vgl. Übersichtslageplan in Anlage 1.1).

Es wird durch die Wohnbebauung entlang der Scherrenbergstraße im Westen, Osten und Norden sowie die Waiblinger Straße im Süden begrenzt.

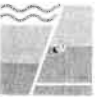
Einen Überblick über den geologischen Aufbau des Untergrundes gibt die geologische Schnittdarstellung in Anlage 4.

Das Gelände befindet sich im östlichen Randbereich einer durch Gesteine des Unteren Jura (Lias) aufgebauten Hochfläche.

Entsprechend dieser geomorphologischen Situation wird der unmittelbare Untergrund durch Feinsandstein-/Tonstein- Wechsellagerungen des Lias α_{1+2} (Pylonoten- und Schlotheimienschichten, he1) aufgebaut.

In größerer Tiefe werden diese gelblichgrauen bis dunkelgrauen Gesteine durch den rötlichvioletten Knollenmergel des mittleren Keupers (km5) unterlagert.

Während die erstgenannten Lias-Gesteine am Rand der Hochfläche aufgrund höherer Verwitterungsbeständigkeit eine deutliche Steilstufe bilden, wird der darunter liegende Hang im Ausstrichbereich des rutschanfälligen Knollenmergels deutlich flacher sowie durch eine wellige Morphologie geprägt.



Die vorab genannten Festgesteine bzw. veränderlich festen Gesteine werden im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes durch wechselnd steinige Fließerden und Verwitterungslehme überlagert, welche besonders im randlichen Hangbereich durch eingelagerte Trennflächen (fossile Scherflächen) charakterisiert werden.

Im westlichen, zur Hochfläche gehörigen und damit deutlich flacheren Abschnitt des Untersuchungsgebietes wurden diese Verwitterungslehme teilweise erosiv abgetragen und durch wechselnd tonig/schluffige, basal kiesige Sande (Goldshöfer Sande) ersetzt.

Innerhalb dieser altpleistozänen Goldshöfer Sande ist mit einer temporären Grundwasserführung zu rechnen.

In den bankigen Feinsandsteinen der unterlagernden Jura-Schichten können ebenfalls geringe Kluftwassermengen auftreten. Dabei bildet besonders der Grenzbereich Lias (he1)/Knollenmergel (km5) einen bevorzugten Quellhorizont.

Die Wässer aus dem Bereich der Goldshöfer Sande bzw. Grenzbereich Lias/Knollenmergel durchfeuchten ebenfalls die steinigen Fließerden im Hangbereich und begünstigen Rutschungen besonders im Ausstrichbereich des Knollenmergels.

3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Die geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet wurden durch 5 Baggerschürfe erkundet. Die Aufschlüsse wurden dabei repräsentativ über die gesamte Fläche verteilt (vgl. Lageplan in Anlage 1.2).

Um ein möglichst umfassendes Bild zu gewinnen, wurden die Ergebnisse früherer, im unmittelbaren Umfeld der geplanten Friedhofserweiterung durchgeführter Untersuchungen in die Betrachtungen mit einbezogen.

Es sind dies die Baggerschürfe SG 1 und 2 sowie die Sondierbohrungen SB 1 und SB 2, welche im Zuge des Ausbaus der Waiblinger Straße durchgeführt wurden (Projekt Nr. AA 92165b) sowie die Schürfe SG 4 bis SG 6 aus den Erkundungsarbeiten für das Baugebiet „Schloßäcker“ (Projekt Nr. AA 92165a).

Die in den Schürfen aufgeschlossenen Bodenprofile wurden unter ingenieur- und hydrogeologischen Gesichtspunkten aufgenommen sowie entsprechend dokumentiert (vgl. Schichtenprofile in Anlage 2).



Auf der Grundlage dieser neu gewonnenen sowie der bereits aus vorangegangenen Untersuchungen vorliegenden Schichtenprofile wurde eine geologische Schnittdarstellung erarbeitet, welche einen generalisierten Überblick über die geologischen Verhältnisse im Bereich der geplanten Friedhofserweiterung vermittelt (vgl. Anlage 4).

An ausgewählten repräsentativen Proben aus dem Bereich der Deckschichten wurde die Kornverteilung durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123 ermittelt (vgl. Kornverteilungskurven in Anlage 3).

Aus diesen Kornverteilungskurven wurden Aussagen hinsichtlich der Permeabilität (k_f -Wert) der Deckschichten abgeleitet.

Die angetroffenen Böden und Gesteine wurden weiterhin den Boden- und Felsklassen nach DIN 18300 zugeordnet, um Anhaltspunkte für den erforderlichen Geräteeinsatz bei baulichen Maßnahmen sowie die dazu erforderlichen Ausschreibungen zu liefern.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse wurden die Standortbedingungen zunächst hinsichtlich ihrer Eignung für Bestattungen beurteilt.

Weiterhin wurden Aussagen hinsichtlich der Gestaltung von Grabstätten sowie der Ausführung von befestigten Flächen erarbeitet.

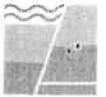
4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

4.1 Schichtenaufbau

Der Schichtenaufbau im Bereich der geplanten Friedhofserweiterung wird aus den Schichtenprofilen in Anlage 2 sowie der geologischen Schnittdarstellung in Anlage 4 ersichtlich.

Danach werden die Tonstein-/Feinsandstein-Wechselagerungen des Untergrundes im Bereich der nördlich des bestehenden Friedhofes geplanten 1. Baustufe unmittelbar durch Goldshöfer Sande überlagert.

In SG 1 am westlichen Rand des 1. Bauabschnittes erreichen diese Sande eine Gesamtmächtigkeit von 2,25 m. Sie sind bis etwa 1 m u. GOK verlehmt (bindige Eigenschaften) sowie durch eine Bodenbildung überprägt. Zur Basis hin nimmt der Kies- bzw. Grobkornanteil deutlich zu (graduierte Schichtung).



Ab einer Tiefe von 2,05 m u. GOK wurden schwache Wasserzutritte festgestellt. Bei 1,35 m u. GOK wurde zusätzlich ein rostbraunes Band beobachtet. Beide letztgenannten Beobachtungen lassen auf permanente oder zumindest temporäre Grundwasserführungen in diesen Sanden schließen.

Zum Ost- und Nordrand des 1. Bauabschnittes hin nimmt die Mächtigkeit der Goldshöfer Sande allmählich ab, so dass die Festgesteinsoberkante in immer geringerer Tiefe zu erwarten ist.

So wurden in SG 2 (Bereich 2. Bauabschnitt) bereits keine Goldshöfer Sande mehr angetroffen. Hier werden die Festgesteine bzw. veränderlich festen Gesteine des Lias lediglich durch eine 1 m mächtige steinige Verwitterungslehmdecke überlagert.

In der nördlich des 2. Bauabschnittes angelegten Schürfgrube SG 3 lagern nur noch 0,75 m mächtige, stark verlehnte Reste von Goldshöfer Sanden auf den Lias- Gesteinen.

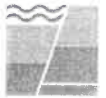
Im nordöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (SG 4) werden die Tonstein-/Feinsandstein-Wechselagerungen des Untergrundes ebenfalls nur durch eine 0,75 m mächtige, steinige Verwitterungslehmdecke überlagert.

Im steileren östlichen Abschnitt (Hangbereich mit SG 5) nimmt die Mächtigkeit der Hang- bzw. Verwitterungslehmdecke allerdings rasch zu. So wurde in SG 5 bei einer Endtiefe von 3,25 m die Festgesteinsoberkante noch nicht erreicht. Innerhalb dieser mächtigen Hanglehme wurden hellgraue Trennflächen beobachtet, welche als fossile Scherflächen anzusehen sind.

Diese belegen die hangabwärtige Verlagerung und Akkumulation von Bodenmassen während der letzten Eiszeit und danach.

Bei den Festgesteinen des Untergrundes handelt es sich um eine Wechselagerung aus dunkelgrauen, blättrigen, sehr mürben sowie teilweise plastifizierten Tonsteinen und gelblichgrauen bis bräunlichgelben, plattigen bis bankigen, stark klüftigen Feinsandsteinen. Die gesamte Gesteinsserie ist aufgrund ihrer morphologischen Exponierung stark aufgewittert und aufgelockert. Besonders die Tonsteine sind bereits stark plastifiziert.

Lediglich im nordöstlichen Randbereich (SG 4) können einzelne bankige Partien der Feinsandsteine aber auch deutlich fester sein und einem Aushub deutlichen Widerstand entgegensetzen.



4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Obwohl sich das Untersuchungsgebiet im Randbereich einer exponierten Hochfläche befindet, ist aufgrund der Zusammensetzung sowie der unterschiedlichen Permeabilität der dort anstehenden Böden und Gesteine mit dem Auftreten permanenter bzw. temporärer Grundwässer zu rechnen.

So wurden in den Schürfen SG 1 und SG 3 innerhalb bzw. an der Basis der Goldshöfer Sande Wasserzutritte beobachtet.

Die unmittelbar unterhalb der Goldshöfer Sande lagernden, relativ gering durchlässigen Tonsteine des Lias bilden dabei den Grundwasserstauer.

In SG 1 traten Wasserzutritte in den Goldshöfer Sanden ab 2,05 m u. GOK auf. Zusätzlich wurde bei 1,35 m u. GOK ein rostbraunes Band beobachtet, welches vermutlich einen temporären Grundwasserstand markiert. Diese Beobachtung lässt auf starke jahreszeitliche Schwankungen des Grundwasserspiegels innerhalb der Goldshöfer Sande schließen, wobei das rostbraune Band offensichtlich einen Höchststand markiert.

In den unterlagernden Festgesteinen bzw. veränderlich festen Gesteinen des Lias wurden im Bereich klüftiger Sandsteinbänke ebenfalls schwache Kluftwasserzutritte beobachtet.

So wurden in SG 2 bei 1,8 m u. GOK und in SG 3 im Bereich zwischen 1,85 und 2,25 m u. GOK Kluftwasserzutritte festgestellt.

Diese Kluftwasserführungen sind vermutlich ebenfalls jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen und werden durch den Verlauf der Gesteinsklüfte kontrolliert.

Grundsätzlich muss zwischen einem oberen Porengrundwasserleiter innerhalb der Goldshöfer Sande und einem unteren Kluftwasserleiter in den Sandsteinen des Lias unterschieden werden. Beide Grundwasserstockwerke werden durch relativ undurchlässige Tonsteinlagen voneinander getrennt. In einigen Bereichen ist aber aufgrund der starken Klüftung der Lias- Gesteine eine hydraulische Verbindung zwischen beiden Stockwerken vorhanden.

Die Fließrichtung der Grundwässer ist aufgrund der morphologischen Verhältnisse in südöstliche Richtung orientiert (Quellen im Schloßpark).



4.3 Ergebnisse klassifizierender Laboruntersuchungen

An ausgewählten Proben aus dem Deckschichtbereich wurde durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123 die Kornverteilung ermittelt (vgl. Laborprotokolle in Anlage 3).

Danach weisen die in SG 1 (Bereich 1. Bauabschnitt) aufgeschlossenen Goldshöfer Sande hinsichtlich ihrer Kornzusammensetzung deutliche Unterschiede auf. So ist mit zunehmender Tiefe eine Kornvergrößerung sowie eine Abnahme des Ton-/Schluffanteiles zu verzeichnen.

Bei Probe 1/1 aus dem oberflächennahen Bereich handelt es sich um einen stark schluffigen, schwach tonigen Sand, welcher der Bodengruppe UM nach DIN 18196 zugeordnet werden kann.

Aus der Kornverteilungskurve lässt sich ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert im Bereich von $k_f = 1,2 \times 10^{-8}$ m/s abschätzen.

Probe 1/2 aus dem mittleren Bereich zeigt einen feinsandigen, schwach tonig/schluffigen Mittelsand, welcher der Bodengruppe SU* nach DIN 18196 zugeordnet werden kann.

Aus der Kornverteilungskurve ergibt sich für diesen Sand ein k_f -Wert von $4,2 \times 10^{-6}$ m/s.

Bei Probe 1/3 aus dem unteren Bereich der Goldshöfer Sande handelt es sich um einen feinsandigen bis grobsandigen, schwach tonig/schluffigen Kies, welcher der Bodengruppe GU* nach DIN 18196 zugeordnet werden kann.

Aus der Kornverteilungskurve lässt sich ein k_f -Wert im Bereich von $9,5 \times 10^{-6}$ m/s abschätzen.

Auch die aus Lias-Material bestehenden Hang- bzw. Verwitterungslehme zeigen unterschiedliche Kornverteilungen bzw. unterschiedliche Grobkornanteile.

Bei Probe 2/1 aus dem Bereich des 2. Bauabschnittes handelt es sich um einen stark tonigen, schluffigen, schwach feinsandigen Grobkies, welcher eine Wasserdurchlässigkeit im Bereich von $1,1 \times 10^{-6}$ m/s aufweist.

Probe 5/2 aus dem östlichen Hangbereich dagegen zeigt einen schwach mittel- bis grobkiesigen, schwach feinsandigen, tonigen Schluff. Dieser weist nach der Kornverteilung eine Wasserdurchlässigkeit im Bereich von $8,1 \times 10^{-7}$ m/s auf.

4.4. Boden- und Felsklassen nach DIN 18300

Auf der Grundlage der Geländeansprache sowie der bodenmechanischen Laboruntersuchungen können die im Untergrund auftretenden Böden und Gesteine folgenden Boden- bzw. Felsklassen nach DIN 18300 zugeordnet werden:

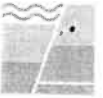
Boden- bzw. Gesteinsart	Boden- bzw. Felsklasse nach DIN 18300
Oberboden	1
Goldshöfer Sande: Fein- bis Mittelsand, stark schluffig, schwach tonig, UM nach DIN 18196	4
Goldshöfer Sande: Mittelsand, feinsandig, schwach tonig/schluffig, SU* nach DIN 18196	4
Goldshöfer Sande: Kies, schwach fein- bis grob-sandig, schwach tonig/schluffig (GU*)	3
Verwitterungslehm: Kies, stark tonig, schluffig, schwach feinsandig	4
Hanglehm: Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach mittel- bis grobkiesig	4
Tonstein-/Feinsandstein-Wechselagerung, stark aufgewittert, mürbe, stark klüftig	6

5. FOLGERUNGEN FÜR DIE GEPLANTE FRIEDHOFSERWEITERUNG

5.1 Allgemeine Anforderungen für den Betrieb von Friedhöfen

§ 4 „Beschaffenheit und Lage“ des Gesetzes über das Friedhofs- und Leichenwesen (Bestattungsgesetz) in Baden-Württemberg nennt Anforderungen an einen geeigneten Standort:

1. Auf Friedhöfen dürfen Gräberfelder für Erdbestattungen nur in ausreichender Entfernung von Wasserversorgungsanlagen und nur auf Böden angelegt werden, die zur Leichenverwesung geeignet und die fähig sind, die Verwesungsprodukte ausreichend vom Grundwasser und der Außenluft fernzuhalten.



2. Friedhöfe dürfen nicht in Überschwemmungsgebieten, Wasserschutzgebieten oder Quellschutzgebieten angelegt werden. Ist die weitere Zone eines Wasserschutzgebietes oder Quellschutzgebietes unterteilt, so gilt das Verbot nur für den inneren Bereich.
3. Die zuständige Behörde kann Ausnahmen von dem Verbot des Absatzes 2 für Wasserschutzgebiete und Quellschutzgebiete zulassen, wenn eine Verunreinigung der Gewässer oder eine sonstige nachteilige Veränderung ihrer Eigenschaften nicht zu besorgen ist.

Die vorab genannten Kriterien hinsichtlich Bodenbeschaffenheit und Lage wurden aus DIETZ/ARNOLD: Gesetz über das Friedhofs- und Leichenwesen (Bestattungsgesetz in Baden-Württemberg, 2. Auflage, Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, 1982) übernommen.

Für die Verwesung bzw. eine mögliche Verunreinigung des Grundwassers ist also im Wesentlichen die Bodenbeschaffenheit sowie die Lage zum Grundwasser ausschlaggebend.

Ausgehend von den durch den Gesetzgeber formulierten Anforderungen sollten folgende Bedingungen im Bereich des bestehenden Friedhofes sowie im Bereich der geplanten Erweiterung gegeben sein bzw. durch geeignete Maßnahmen geschaffen werden:

- Die Böden im Bereich von Grabstätten sollten derart beschaffen sein, dass eine trockene Verwesung stattfinden kann. Dies setzt voraus, dass die Grabsohle in der wasserungesättigten Bodenzone zu liegen kommt. Nur in der ungesättigten Bodenzone ist ein ungehinderter bzw. dauerhafter Luftzutritt möglich, welcher für das Leben aerober Bakterien und damit für den Ablauf oxidativer Abbauprozesse notwendig ist. Durch ungehinderten Luftzutritt können Fäulnisprozesse verhindert werden. Eine gute Durchlüftung des Bodens bis zur Grabsohle sollte also gegeben sein. Dafür sind besonders schwach bindige bzw. gemischtkörnige Böden geeignet.
- Der Boden selbst, bzw. eine zusätzlich eingebaute Filterschicht unter der Grabsohle (Bodenfilter) kann bei der Zersetzung von Leichen frei werdende Stoffe durch Adsorption bzw. mechanische Filterung zurückhalten. Die Dicke der Filterschicht sollte sich dabei nach den angetroffenen Böden bzw. den Untergrundverhältnissen richten.



5.2 Beurteilung der Standortbedingungen hinsichtlich ihrer Eignung für Bestattungen

Die im Untergrund anstehenden Lias-Gesteine sowie die auflagernden Deckschichten besitzen aufgrund ihrer Ausbildung bzw. Kornverteilung eine relativ gute mechanische Filterwirksamkeit. Weiterhin ist aufgrund des Ton-/Schluff-Anteiles innerhalb der Deckschichten sowie aufgrund des Vorhandenseins von Tonsteinhorizonten in den unterlagernden Lias- Gesteinen ein gewisses Adsorptionsvermögen vorhanden.

Zersetzungsprodukte oder pathogene Keime können also bis zur völligen Mineralisierung im Untergrund zurückgehalten werden.

Eine Verunreinigung tieferer Grundwasserstockwerke bzw. der Quellen im Bereich des südlich gelegenen Schloßparkes sind somit nicht zu befürchten.

Die geplante Friedhofserweiterung liegt zudem nicht in einer Wasserschutzzone, so dass keine gesonderten Auflagen zu beachten sind.

Ein Problem stellen allerdings die permanenten bzw. temporären Wasserführungen im Verbreitungsbereich der Goldshöfer Sande (besonders Bereich 1. Bauabschnitt) sowie innerhalb von Sandsteinbänken des Untergrundes dar.

So wurden in SG 1 bei 2,05 m u. GOK sowie in SG 2 und SG 3 bereits ab 1,8 m u. GOK schwache Sickerwasserzutritte beobachtet.

Bei doppelttiefer Belegung kommt damit der untere Abschnitt von Grabstätten im Bereich der gesättigten bzw. teilweise gesättigten Bodenzone zu liegen.

Besonders wenn im Bereich der Grabsohle relativ undurchlässige Tonsteine angeschnitten werden bzw. die umgebenden Deckschichten und Böden eine geringe Wasserdurchlässigkeit aufweisen (z.B. weisen stark verlehnte Bereiche der Goldshöfer Sande lediglich k_f -Werte im Bereich von 10^{-8} m/s auf), kann es zu einem Wassereinstau innerhalb der Gräber (Brunneneffekt) kommen.

Ein ungehinderter bzw. dauerhafter Luftzutritt wäre somit in einigen Bereichen unterbunden; das Leben aerober Bakterien und damit eine trockene Verwesung nicht möglich.

Fäulnisprozesse würden die Zersetzung behindern und damit zu Problemen hinsichtlich angestrebter Verweilzeiten führen.



5.3 Hinweise zur Gestaltung von Grabstätten

Der Aushub von Gruben für Grabstätten ist aufgrund der Beschaffenheit der Böden bzw. der starken Verwitterung der unterlagernden Lias-Gesteine mit einem kleineren Bagger problemlos möglich.

Aufgrund der vorab geschilderten hydrogeologischen Situation sowie der stark unterschiedlichen Wasserdurchlässigkeit der Böden und Gesteine werden zusätzliche Überlegungen hinsichtlich der konstruktiven Gestaltung der Friedhofserweiterung notwendig.

Aus unserer Sicht sind zwei verschiedene Ausführungsvarianten möglich:

Variante A:

Anhebung des gesamten Geländes um 0,5 m durch zusätzliche Aufschüttungen von geeignetem gemischtkörnigem Bodenmaterial.

Vorteil: Gräber reichen auch bei doppelttiefer Belegung nicht mehr dauerhaft in die gesättigte Bodenzone hinab; ungehinderter Luftzutritt sowie aerober Abbau ist möglich.

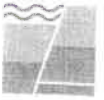
Nachteil: Zusätzlicher Bedarf an Bodenmaterial; Mehrkosten durch Antransport und Einbau des Bodenmaterials; Veränderungen der Geländemorphologie.

Variante B:

Durchführung zusätzlicher Dränmaßnahmen unter Beibehaltung doppelttiefer Belegung; dauerhafte Absenkung des Grundwassers durch Verlegung eines Systems von Dränagen in einem Niveau unterhalb der Grabsohlen; erforderlichenfalls Anschluss einzelner Gräber oder Gräberfelder mittels Stichleitungen an dieses Dränsystem.

Vorteil: Durch die dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels wird ein Eintauchen der Gräber in die ungesättigte Zone verhindert; ungehinderter Luftzutritt sowie aerober Abbau sind möglich; Einstau von Wässern in Gräbern durch Brunneneffekt kann dauerhaft verhindert werden.

Nachteil: Erheblicher Mehraufwand sowie Mehrkosten durch Verlegung der Dränagen; Eingriff in das hydraulische Regime in Form einer dauerhaften Absenkung des Grundwasserspiegels; mögliche Beeinflussung der im Bereich des Schloßparkes austretenden Quellen (Hochfläche gehört zum Einzugsgebiet); Setzungen und damit Schäden an der Nachbarbebauung möglich; Ableitung der Dränwässer muss geklärt werden;



bei direktem Anschluss von Gräbern an des Dränsystem müssen die Dränwässer einer Kläranlage zugeführt werden (damit zusätzliche Belastung der Klärwerke).

Die Variante A scheint nach Abwägung der Vor- und Nachteile die praktikabelste und insgesamt günstigste Variante zu sein. Ihr sollte bei der weiteren Planung besondere Beachtung geschenkt werden.

Die eigentliche Verfüllung der Gräber sollte mit einem Bodenmaterial erfolgen, welches eine ausreichende Permeabilität sowie ein ausreichendes Retentionsvermögen aufweist.

Am besten sind gemischtkörnige Böden geeignet, welche Grobkorn- und Feinkornanteile in einem ausgewogenen Verhältnis enthalten.

Stark bindige Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit (Verwitterungslehme des Lias, oberer stark verlehmtter Bereich der Goldshöfer Sande) besitzen zwar ein gutes Retentions- bzw. Adsorptionsvermögen, weisen aber eine geringe Permeabilität auf. Sie sollten deshalb durch Zugabe von etwa einem Drittel Kiessand sowie etwas Rindenmulch verbessert werden.

Solche Böden sind bevorzugt im Bereich des 2. Bauabschnittes verbreitet. Hier sollte durch eine entsprechende Zumischung generell eine Verbesserung der Bodeneigenschaften angestrebt werden.

Die durchlässigen Sande und Kiessande der Goldshöfer Sande im 1. Bauabschnitt dagegen besitzen eine gute Permeabilität, Filterwirksamkeit sowie ein gewisses Adsorptionsvermögen.

Hier ist eine Verbesserung der Böden in der Regel nicht notwendig. Lediglich stark bindige Böden aus dem obersten Deckschichtbereich sollten nicht wieder eingebaut werden. Gegebenenfalls sollte etwas Rindenmulch zugegeben werden, um das Adsorptionsvermögen zu verbessern.

5.4 Vorschläge zur Ausführung befestigter Flächen

Eine zusätzliche Versiegelung von Flächen sollte so weit als möglich vermieden werden.

Dies kann durch den Einsatz von Pflaster, wassergebundenen Schottertragschichten oder Gittersteinen erreicht werden.

Befestigte Flächen sollten mit einem solchen Gefälle hergestellt werden, dass abfließende Oberflächenwässer von Grabstätten weggeführt werden.



Um einen Einstau von Oberflächenwässern im Bereich grobkörniger Tragschichten zu verhindern, sollte das Planum ebenfalls mit einem entsprechenden Gefälle hergestellt und erforderlichenfalls durch eine Dränage entwässert werden.

Ansonsten gelten die üblichen Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen für Planum und Tragschichten.

Im Hinblick auf die zu erwartenden Verkehrslasten sollten die Fahr- und Parkflächen nach ZTVE-StB 94 gemäß Bauklasse III - IV ausgewiesen werden.

Da die oberflächlich anstehenden bindigen bzw. gemischtkörnigen Böden der Frostepfindlichkeitsklasse 3 (sehr frostepfindlich) zugeordnet werden können, wird ein frostsicherer Gesamtaufbau der Straßen (ungebundene und bituminös gebundene Tragschicht) von insgesamt 0,6 m erforderlich.

Vorher sollte die Tragfähigkeit des Planums durch eine ausreichende Anzahl von Plattendruckversuchen in Verbindung mit flächendeckenden Untersuchungen mit dem leichten Fallgewichtsgerät nachgewiesen werden.

Dabei gelten folgende Anforderungen für die Verdichtung des Erdplanums:

Tragfähigkeitsbeiwert E_{v2} - Wert:	45 MN/m ²
Verdichtungsverhältnis E_{v2}/E_{v1} - Wert:	$\leq 2,5$

Sind diese Anforderungen auf den anstehenden Böden mit natürlichem Wassergehalt nicht erreichbar, werden Zusatzmaßnahmen erforderlich.

Wir empfehlen daher, die für den Bau von Straßen und Parkflächen vorgesehene Geländeoberfläche (Planum) nachzuverdichten und anschließend die Tragfähigkeit durch Plattendruckversuche zu überprüfen.

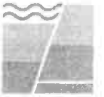
Werden die Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit nicht allein durch Nachverdichtung erreicht, sollte eine Bodenverbesserung/-verfestigung mittels Weißfeinkalk/Zement oder ein Bodenaustausch vorgesehen werden.

Das Austauschmaterial sollte folgende Anforderungen erfüllen:

Körnung 0/56; 0/80 oder vergleichbar

Feinkornanteil < 0,063 mm sollte unter 15% liegen

Feinkornanteil sollte mindestens steife Konsistenz aufweisen ($I_c > 0,75$)



Alternativ kann auch Recyclingmaterial aus sortenreinem Betonbruch verwendet werden, der die gestellten Anforderungen hinsichtlich Kornverteilung erfüllt sowie dessen altlastenspezifische Eignung nach den einschlägigen Vorschriften nachgewiesen wurde.

Die Mächtigkeit des Bodenaustausches sollte sich nach den Ergebnissen der Plattendruckversuche richten.

6. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Friedhofserweiterung wurden durch insgesamt 5 Baggerschürfe erkundet.

Zusätzlich wurden Untersuchungsergebnisse aus dem Bereich der Waiblinger Straße sowie dem Baugebiet „Schloßäcker“ in die Betrachtungen mit einbezogen.

Die gemachten Angaben beziehen sich auf diese Untersuchungspunkte sowie die Ergebnisse der klassifizierenden Laboruntersuchungen.

Geringfügige Abweichungen von den vorab gemachten Angaben können aufgrund von Inhomogenitäten im Untergrund auftreten.

Bei Problemen während der Bauausführung, welche auf den geologischen Aufbau des Untergrundes zurückzuführen sind, sollte der Gutachter eingeschaltet werden.

Für entsprechende Anfragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Für die Geotechnik Aalen:



Dipl.-Geol. W. Höffner

Sachbearbeiter:

gez.

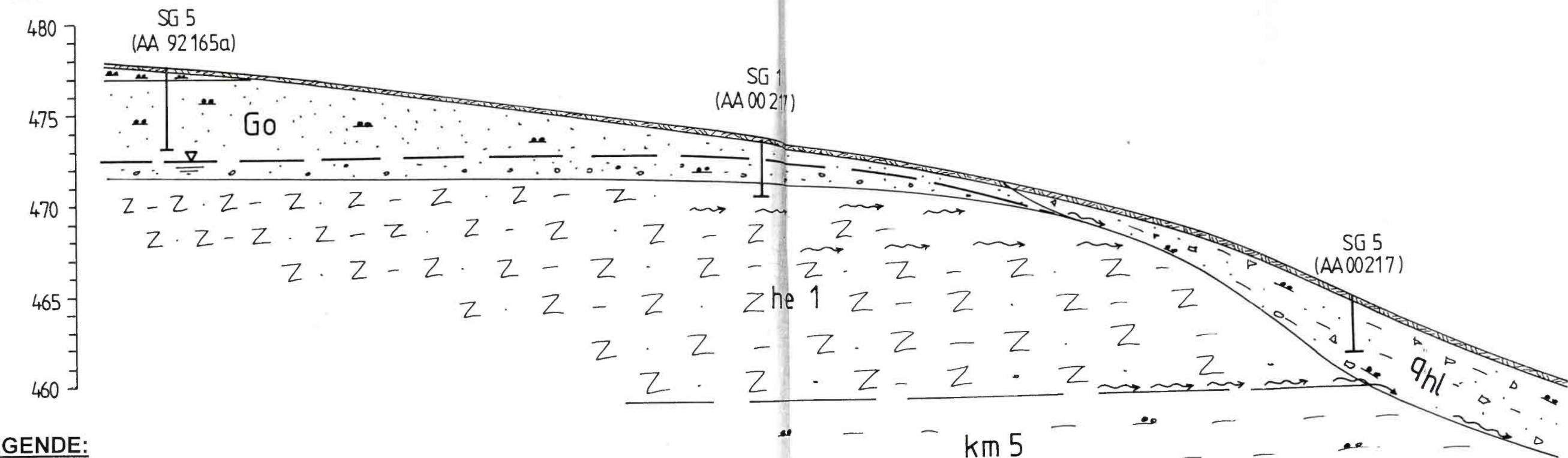
Dipl.-Geol. F. Hühne



W

E

m ü. NN

**LEGENDE:**

Oberboden

Hanglem:

 Ton + Schluff, wechselnd kiesig-steinig, weich-steif, basal Sickerwasserführung, fossile Scherflächen, Grobanteil plattiger Feinsandstein des he1 (Lias α); als Flieserde hangabwärts verlagert

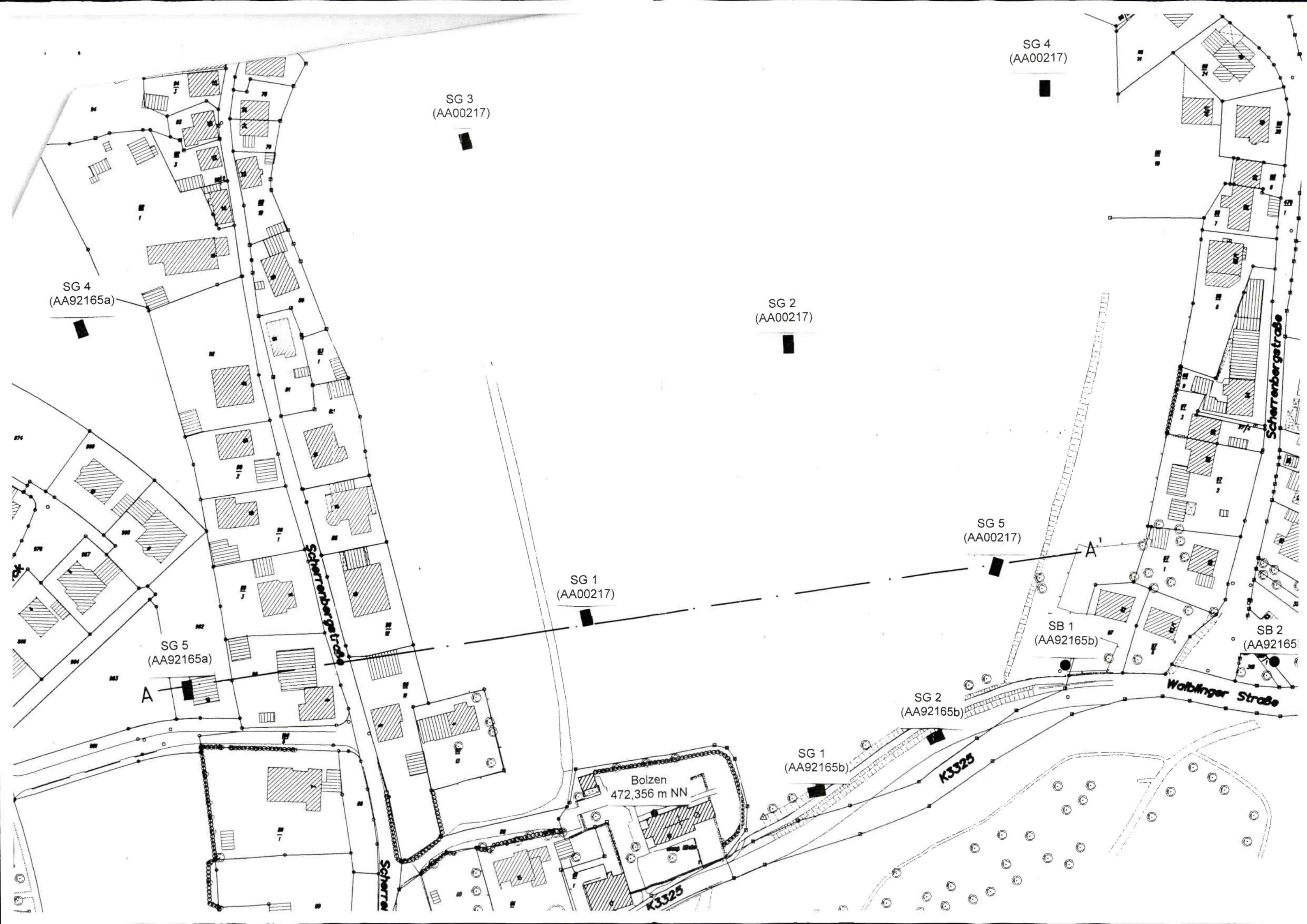
 Goldshöfer Sande:
Sande, wechselnd tonig/schluffig, basal kiesig, wasserführend

 Pylonoten- und Schlotheimienschichten:
Tst-Fsst-Wechselagerung, stark aufgewittert, klüftig, im Bereich klüftiger Sandsteinbänke sowie in basaler Pylonotenbank Kluftwasserführung

 Knollenmergel:
Tonmergel, rötlichviolett + hellgrünlichgraue Schlieren, polyedrische Struktur, wasserstauend, rutschanfällig

Kluft- bzw. Sickerwasserführung

temporärer GW-Spiegel im Bereich Goldshöfer Sande





Erd- und Grundbau
Ingenieurgeologie
Hydrogeologie
Altlastenerkundung

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
fon: 0 73 61 / 94 06 0
fax: 0 73 61 / 94 06 10
info@geotechnik-aalen.de
www.geotechnik-aalen.de

Geotechnisches Erschließungsgutachten

Titel: Städtebauliches Konzept für das Gebiet „Steine“ in Aalen-Fachsenfeld

Auftraggeber: Stadtverwaltung Aalen
Stadtplanungsamt
Marktplatz 30
73430 Aalen

Datum: 13.10.2022
Verteiler: Stadtverwaltung Aalen

Az.: 22 0081 be01 hö/sp
3-fach + pdf



Inhalt

1	VORGANG	4
2	LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION	4
3	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
4	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN	6
4.1	Schichtenaufbau des Untergrundes	6
4.2	Grundwasserverhältnisse	7
4.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	7
4.4	Orientierende chemische Laboruntersuchungen	8
4.5	Erdbebenzone	11
4.6	Homogenbereiche	11
4.7	Erdstatische Kennwerte	13
5	FOLGERUNGEN FÜR DIE GEPLANTE ERSCHLIESSUNG	13
5.1	Allgemeine Angaben zu Erdarbeiten	13
5.1.1	Allgemeine Verdichtungsanforderungen	13
5.1.2	Wiederverwendung Aushubmaterial	14
5.1.3	Bodenverbesserung	15
5.2	Kanalbau	16
5.2.1	Gestaltung und Sicherung von Leitungsgräben	16
5.2.2	Rohrauflager	17
5.3	Verkehrswegebau	17
5.4	Gründung von Bauwerken	19
6	VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER	20
7	SCHLUSSBEMERKUNGEN	20



ANLAGEN

Anlage 1

Pläne

Anlage 1.1

Übersichtslageplan, M 1:25.000

Anlage 1.2

Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:1.125

Anlage 2

Ergebnisse der örtlichen Erkundungen

Anlage 2.1 – 2.15

Schichtenprofile

Anlage 3

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anlage 3.1

Wassergehalte

Anlage 3.2

Konsistenzgrenzen

Anlage 3.3

Korngrößenverteilung

Anlage 4

Chemische Laboruntersuchungen

1 VORGANG

Die Stadt Aalen plant die Erschließung des Baugebiets „Steine“ in Aalen-Fachsenfeld. Eine Übersicht über die Ortslage der Baumaßnahme gibt der Lageplan auf der Anlage 1.1.

Im Zuge der Planung wurde die Geotechnik Aalen GmbH & Co. KG von der Stadtverwaltung Aalen mit der Untersuchung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beauftragt. Grundlage für die Auftragserteilung war unser Kostenangebot vom 24.03.2022.

Zur Bearbeitung standen uns neben unseren Archivunterlagen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan, M. 1:500, Wick+Partner, Stuttgart vom 23.11.2021

Darüber hinaus wurden von uns im Vorfeld der Außenarbeiten Leitungspläne bei den zuständigen Ver- und Entsorgern erhoben.

2 LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION

Das Erschließungsgebiet liegt im Nordosten von Aalen-Fachsenfeld. Im Westen, Norden und Osten wird es von der Scherrenbergstraße und im Süden von der Waiblinger Straße begrenzt. Es umfasst ganz bzw. anteilig die Flurstücke 98/1, 98/29, 98/34 und 98/35. Die Flächen unterliegen derzeit einer landwirtschaftlichen Nutzung als Ackerflächen und Grünland. In der Fläche ist das Gelände im Erschließungsgebiet relativ eben. An den Rändern des Gebiets fällt das Gelände nach Norden und Osten hin ab. Die Geländehöhen an den Aufschlusspunkten wurden zwischen 468,10 – 474,29 m NN eingemessen.

Nach Onlineauskunft des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden – Württemberg stehen im Erschließungsgebiet die Obtususton-Formation, die Arietenkalk-Formation, die Angulatussandstein-Formation, die Psilonotenton-Formation des unteren Schwarzzuras, sowie im östlichen Randbereich des Gebiets die Trossingen-Formation (Knollenmergel) des mittleren Keupers an.

Die Obtususton-Formation wird dabei aus dunkelgrauen Tonsteinen aufgebaut. Die Arietenkalk-Formation besteht aus bankigen Kalksteinen mit Zwischenlagen aus Tonmergelstein. Die Angulatussandstein-Formation besteht aus braunen Sandsteinen welche mit dunkelgrauen Tonsteinen wechselgelagert sind und die Psilonotenton-Formation aus dunkelgrauen Tonsteinen in welche ein-

zelne Sand- und Kalksteinlagen eingeschaltet sind. Die Trossingen-Formation wird aus markanten rotbraunen Tonsteinen aufgebaut.

Oberflächennahe wird das Festgestein von seinen Verwitterungsprodukten und lokal von den Goldshöfer-Sanden überlagert.

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Beurteilung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden am 16.08.2022 und am 31.08.2022 im Erschließungsgebiet im Beisein der Geotechnik Aalen insgesamt zehn Baggerschürfe (SCH1 bis SCH10) mit Tiefen zwischen 1,8 – 4,1 m u. GOK angelegt. Neben den neu angelegten Schürfen wurden für die Ausarbeitung des Gutachtens weitere Schichtenprofile aus dem Bereich und dem Umfeld des Erschließungsgebietes herangezogen, welche im Rahmen anderer geotechnischer Fragestellungen erhoben wurden.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden per GPS nach Lage und Höhe eingemessen. Ihre Lage kann dem in Anlage 1.2 beigefügten Lageplan entnommen werden.

Die durch die Schürfe aufgeschlossenen Bodenprofile wurden ingenieur- und umweltgeologisch aufgenommen und schichtenweise beprobt. Die grafische Darstellung der Schichtenprofile kann der Anlage 2.1 entnommen werden.

An charakteristischen Bodenproben wurden in unserem bodenmechanischen Labor die natürlichen Wassergehalte, die Konsistenzgrenzen und die Korngrößenverteilung ermittelt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind in der Anlage 3 zusammengestellt und im Kapitel 4.3 beschrieben.

Des Weiteren wurden Bodenproben zur orientierenden chemischen Analyse an ein externes chemisches Labor übergeben. Die Analyseberichte sind in der Anlage 4 zusammengestellt und im Kapitel 4.4 beschrieben und bewertet.

4 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

4.1 Schichtenaufbau des Untergrundes

Oberboden

Die Stärke des Oberbodens im Bereich des Erschließungsgebiets liegt zwischen rd. 20 – 35 cm. Im Bereich der Ackerflächen besteht der Oberboden aus einem Pflughorizont (Ap).

Goldshöfer Sande

Im Westen des Erschließungsgebiets (SCH 3, SG1 (2000) und SG3 (2000)) stehen oberflächennahe bis in maximale Tiefen von rd. 1,65 m u. GOK (SG 1 2000) Goldshöfer Sande an. Die Goldshöfer-Sande bestehen dabei aus Sanden mit variierenden Feinkorn- und Kiesanteilen. Da die Goldshöfer Sande bereichsweise von sandigen Verwitterungsböden unterlagert werden und die oberflächennahen Schichten durch die landwirtschaftliche Nutzung des Geländes gestört sind, ist eine klare Abgrenzung zwischen den Goldshöfer-Sanden und den unterlagernden Verwitterungsböden nicht möglich.

Verwitterungsprofil Angulatensandstein- und Psilonotenton-Formation

Unterhalb der Goldshöfer Sande bzw. des Oberbodens folgen in den Aufschlüssen jeweils das Verwitterungsprofil der Angulatensandstein- und der Psilonotenton-Formation. Die Verwitterungsböden bestehen dabei aus Schluff-Ton-Gemischen und schluffigen Tonen mit jeweils variierenden Kies- und Sandanteilen (verwitterte Tonsteine) und aus Sanden mit variierenden Feinkorn-, Kies und Steinanteilen. Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten (August 2022) waren die oberflächennahen Bodenschichten tlw. stark ausgetrocknet und von Trockenrissen durchzogen. Die Böden im Austrocknungsbereich weisen daher halbfeste-feste Konsistenzen auf. Die Konsistenz der bindigen Verwitterungsböden unterhalb des Austrocknungshorizontes wurde im Gelände mit weich-steif, steif und halbfest angesprochen.

Das Festgestein steht im Erschließungsgebiet in Tiefenlagen zwischen 0,75 – 3,8 m u. GOK an. Lediglich im Aufschluss SG5 (Oktober 2000), welcher jedoch bereits im Hangbereich außerhalb des geplanten Baugebiets liegt, konnte das Festgestein bis zur Schurfsohle in einer Tiefe von 3,25 m u. GOK nicht aufgeschlossen werden. Das Festgestein besteht aus einer Wechsellagerung von Sand- und Tonsteinen. Die oberflächennahen Schichten sind dabei bereits stark angewittert und lagenweise vollständig zu Lockergestein zersetzt. Zur Tiefe hin nimmt der Verwitterungsgrad sukzessive ab.



Die dunkelgrauen Tonsteine weisen generell ein Schieferartiges Schichtengefüge auf. Die Gesteinsfestigkeit wurde oberflächennahe mit sehr mürb und zur Tiefe hin mit mürb angesprochen.

Die Sandsteine weisen eine dünn- bis mittelbankige Schichtung auf sowie einen mittel bis weitständigen Kluftabstand auf. Die Gesteinsfestigkeit wurde im Gelände mit mürb, mäßig mürb und mäßig hart angesprochen.

4.2 Grundwasserverhältnisse

Im Rahmen der Erkundungsarbeiten wurden keine Wasserzutritte in die Baggerschürfe festgestellt. Das Grundwasser steht im Erschließungsgebiet erfahrungsgemäß erst in mehreren 10 m Tiefe an und hat somit keinen Einfluss auf die geplante Bebauung/Erschließung.

Mit einem temporären, witterungsbedingten Andrang von Sickerwasser in den Oberflächennahen Schichten ist jedoch generell zu rechnen.

4.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Natürliche Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1

An insgesamt 15 Proben der anstehenden bindigen Böden wurde der natürliche Wassergehalt bestimmt. Die Versuchsprotokolle können der Anlage 3.1 entnommen werden.

Demnach liegen die Wassergehalte in der Oberflächennahen stark ausgetrockneten Schichten zwischen 7,4 – 12,8 M.-%.

In den tiefer liegenden Böden wurden Wassergehalte zwischen 15,1 – 28,2 M.-% nachgewiesen.

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

An vier Proben der bindigen Verwitterungsböden wurden die Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenzen) ermittelt. Die wesentlichen Ergebnisse der Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die vollständigen Versuchsprotokolle können der Anlage 3.2 entnommen werden.

Probe	Fließgrenze [%]	Ausrollgrenze [%]	Plastizitätszahl [%]	Bodengruppe nach DIN 18196	Konsistenzzahl /Konsistenz
1/2	53,3	22,2	31,1	TA	1,08/halbfest
3/2	58,6	25,2	33,4	TA	1,22/halbfest
5/2	68,5	21,6	46,9	TA	0,97/steif
6/3	54,5	22,9	31,6	TA	0,83/steif

[Tab. 1: Zustandsgrenzen]

Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4

An zwei Proben der grobkörnigen Verwitterungsböden wurde die Korngrößenverteilung ermittelt. Die Körnungslinien sind der Anlage 3.3 beigelegt. In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Versuchsergebnisse zusammengefasst.

Probe	Feinkornanteil < 0,063 mm [M.-%]	Sandfraktion 0,063 – 2 mm [M.-%]	Kiesfraktion 2 – 63 mm [M.-%]	Bodengruppe nach DIN 18196
1/2	21,6	25,2	53,1	GU*
8/3	6,6	35,4	58,0	GU

[Tab. 2: Ergebnisse Korngrößenverteilung]

4.4 Orientierende chemische Laboruntersuchungen

Bodenproben wurden zur orientierenden chemischen Analytik an das akkreditierte Labor der Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik GmbH in Markt Rettenbach übergeben. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Probenzusammenstellung und den Umfang der durchgeführten Analytik.

Laborprobe	Einzelproben	Probenart	Analytik Umfang	Analysebericht Nr.
MP01	1/1, 1/2	Verwitterungsboden bindig	Schwermetalle 8 Stück im Feststoff und Eluat	42/10656
MP02	1/3, 1/4	Tonmergelstein		42/10657
MP03	3/1, 3/4	Verwitterungsboden gemischtkörnig		42/10658
MP04	3/3, 3/5	Tonmergelstein/ Sandstein		42/10659
MP05	5/1, 5/2	Verwitterungsboden, bindig		42/10660
MP06	5/3, 5/4	Verwitterungsboden gemischtkörnig		42/10661
MP07	8/1, 8/2	Verwitterungsboden, bindig		42/10662
6/1	6/1	Verwitterungsboden, bindig		42/10663
6/2	6/2	Sandstein		42/10664
8/3	8/3	Verwitterungsboden gemischtkörnig		42/10665

[Tab. 3: Probenzusammenstellung und Umfang der Analytik]

Die für die Verwertung des Materials relevanten Analyseergebnisse sind im Folgenden aufgeführt und bewertet. Die vollständigen Analyseergebnisse können der Anlage 4 entnommen werden.

In der folgenden Tabelle sind die verwertungsrelevanten Analyseergebnisse bezogen auf die Zuordnungswerte der VwV-Boden zusammengefasst.

Probe	Verwertungsrelevanter Parameter	Menge	Zuordnungsklasse VwV-Boden	Bewertungskriterium Gemäß VwV-Boden
MP01	keine Parameter in Verwertungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesen		Z0	Ton
MP02	Arsen im Feststoff	22mg/kg	Z1.1	Lehm/Schluff
	Blei im Feststoff	217 mg/kg	Z2	
MP03	Arsen im Feststoff	17 mg/kg	Z1.1	Lehm/Schluff
	Cadmium	0,48 mg/kg	Z0*IIIA	
MP04	keine Parameter in Verwertungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesen		Z0	Lehm/Schluff
MP05	Arsen im Feststoff	44 mg/kg	Z1.1	Ton
	Chrom im Feststoff	126 mg/kg	Z1.1	
MP06	Arsen im Feststoff	17 mg/kg	Z1.1	Lehm/Schluff
MP07	keine Parameter in Verwertungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesen		Z0	Ton
6/1	keine Parameter in Verwertungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesen		Z0	Ton

Probe	Verwertungsrelevanter Parameter	Menge	Zuordnungsklasse VwV-Boden	Bewertungskriterium Gemäß VwV-Boden
6/2	keine Parameter in Verwertungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesen		Z0	Lehm/Schluff
8/3	keine Parameter in Verwertungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesen		Z0	Lehm/Schluff

[Tab. 4: Verwertungsrelevante Analyseergebnisse]

Bei den untersuchten Proben MP01, MP04, MP07, 6/1, 6/2 und 6/3 liegen die untersuchten Parameter jeweils im Bereich der Zuordnungswerte für Z0-Material. Die Proben untersuchten Proben sind daher gemäß VwV-Boden jeweils der Zuordnungsklasse Z0 zuzuordnen.

An den Proben MP03, MP05 und MP06 wurden im Feststoff jeweils erhöhte Arsen-Gehalte und tlw. erhöhte Chrom-Gehalte nachgewiesen, aufgrund derer die untersuchten Proben gemäß VwV-Boden jeweils der Zuordnungsklasse Z1.1 zuzuordnen sind.

In der Probe MP02 wurde im Feststoff ein deutlich erhöhter Bleigehalt festgestellt, aufgrund dessen die untersuchte Probe der Zuordnungsklasse Z2 zuzuordnen ist.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich jeweils um natürlich gewachsene und tlw. umgelagerte Böden aus dem Bereich des unteren Schwarzzuras bzw. der Opalinuston-Formation im Hinblick hierauf ist davon auszugehen, dass die festgestellten erhöhten Schwermetallgehalte auf geogene Ursachen zurückzuführen sind.

Für geogene Belastungen besteht in der VwV-Boden eine Öffnungsklausel:

6.3 Öffnungsklausel: In Gebieten mit naturbedingt (geogen) und / oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Gehalten können unter Berücksichtigung der Sonderregelung des § 9 Abs. 2 und Abs. 3 BBodSchV für entsprechende Parameter höhere Zuordnungswerte (als Ausnahmen von den Vorgewerten nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV) festgelegt werden, soweit die dortigen Voraussetzungen (nämlich: keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktion infolge erheblicher Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzlicher Schadstoffeinträge) erfüllt sind und das Bodenmaterial aus solchen Gebieten stammt.



Nach der Öffnungsklausel ist eine Wiederverwertung der angetroffenen natürlich anstehenden Erdstoffe unabhängig vom vorliegenden Analyseergebnis in Vergleichslage, d.h. in Gebieten mit anstehendem unteren Schwarzsand oder Böden mit vergleichbaren Schwermetallgehalten, möglich.

Wir verweisen darauf, dass es sich bei dem hier aufgeführten Analyseergebnis um orientierende Analysen handelt. Für eine repräsentative Deklarationsanalytik des Bodenaushubs sind im Rahmen der Aushubarbeiten Haufwerke zu bilden und gemäß LAGA PN98 zu beproben.

4.5 Erdbebenzone

Nach DIN EN 1998:2010-12 (EC 8, Abs. 3.2.1) „*müssen die nationalen Territorien von den nationalen Behörden je nach örtlicher seismischer Gefährdung in Erdbebenzonen unterteilt werden*“. Gem. DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (Nationaler Anhang zum EC 8) gelten diesbezüglich die im Bild NA.1 dargestellten Erdbebenzonen. Eine ortsgenaue Zuordnung der Erdbebenzone kann zudem beim Helmholtz-Zentrum (Deutsches Geoforschungszentrum Potsdam) abgefragt werden. Diese Angabe bezieht sich jeweils auf die Ortsmitte, was den Angaben im EC 8 („*Definitionsgemäß wird die Gefährdung innerhalb jeder Zone als konstant angenommen.*“) entspricht.

Das hier betrachtete Baufeld bzw. Aalen-Fachsenfeld liegt demnach in keiner ausgewiesenen Erdbebenzone.

4.6 Homogenbereiche

Folgende Homogenbereiche werden für die Schichten gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten festgelegt:

Homogenbereich	H I: Goldshöfer Sande, Grobkörnige Verwitterungsböden
	H II: bindige Verwitterungsböden
	H III: Festgestein

Parameter	Homogenbereich	
	H I	H II
ortsüblichen Bezeichnung	Goldhöfer Sande und grobkörnige Verwitterungsböden	bindige Verwitterungsböden
Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4	vgl. Anl. 3.3	
Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	< 20 M.-%	< 10 M.-%
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	1,9 – 2,2 g/cm ³	1,8 – 2,0 g/cm ³
undrained Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2	bei nicht bindigen Böden nicht relevant	40 – 250 kN/m ²
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	5 – 15 M.-%	7 – 30 M.-%
Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12	bei nicht bindigen Böden nicht relevant	20 - 45 %
Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12	bei nicht bindigen Böden nicht relevant	0,5 – 1,5
Lagerungsdichte nach DIN 18126	locker bis mitteldicht	bei bindigen Böden nicht relevant
organischer Anteil nach DIN 18128	< 1 M.-%	< 3 M.-%
Bodengruppen nach DIN 18196	SU, SU*, GU, GU*	TM, TA

[Tab. 5: Homogenbereiche Lockergestein]

Parameter	Homogenbereich
	H III
Ortsübliche Bezeichnung	Angulatensandstein, Psilonotenton, unterer Schwarzhura, (Sandstein, Tonmergelstein)
Benennung nach DIN EN ISO 14689-1	genetische Einheit: Sedimentgestein geologische Textur: geschichtet, Korngröße: < 2µm – 63 µm mineralische Zusammensetzung: Quarz, Tonminerale, Calcit Poren und Hohlraumanteil: keine ausgeprägten Hohlräume
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	2,1 – 2,6 g/cm ³
Verwitterung, Veränderung und Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	Verwitterung: frisch bis angewittert Veränderlichkeit: wenig veränderlich (Sandstein) veränderlich (Tonmergelstein)
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	1,25 – 50 MN/m ²
Trennflächenabstand nach DIN EN ISO 14689-1	sehr eng bis mittelständig, 20 – 600 mm
Trennflächenrichtung, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	Trennflächenrichtung: annähernd Horizontal Gesteinskörperform: tafelförmig,

[Tab. 6: Homogenbereich Festgestein]

4.7 Erdstatische Kennwerte

Anhand unserer Erfahrungswerte können den relevanten Baugrundsichten folgende charakteristischen erdstatischen Kennwerte zugewiesen werden:

Schichtbereich	Wichte [kN/m ³]		Reibungs- winkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Steifemodul [MN/m ²]
	γ	γ'	φ'_k	c'_k	$E_{s,k}$
Verwitterungsböden/ Goldshöfer Sande					
bindig, weich	19	9	22,5	3 – 5	2 – 4
bindig, steif	20	10	22,5	5 – 10	4 – 8
bindig, halbfest	20	10	22,5	10 – 15	8 – 12
bindig, fest, Tonstein entfestigt	20 – 21	10 – 11	25	15 – 20	12 – 20
grobkörnig GU, SU	20 – 21	10 – 11	32,5	0 – 1	30 – 40
gemischtkörnig, GU*, SU*	19 – 20	9 – 10	30	1 – 3	15 – 25
Festgestein (Sandstein, Tonmergelstein)	22 – 25	12 – 15	≥25	≥25	≥100

[Tab. 7: charakteristische erdstatische Kennwerte]

5 FOLGERUNGEN FÜR DIE GEPLANTE ERSCHLIESSUNG

5.1 Allgemeine Angaben zu Erdarbeiten

5.1.1 Allgemeine Verdichtungsanforderungen

Erdarbeiten im Straßenbereich sind generell unter Berücksichtigung der Vorgaben der ZTVE-StB 17 durchzuführen. Hinsichtlich des Einbaus von Böden in Dämmen und Gräben im Bereich von Verkehrsflächen gelten gemäß ZTVE-StB 17 folgende Anforderungen an die Verdichtung des Materials.

Bodenart	Verdichtungsgrad
bindige und gemischtkörnige Böden [TL, TM, TA, UL, UM, UA, GT*, GU*, ST*, SU*]	$D_{pr} \geq 97\%$
nicht bindige Böden [ST, SU, SE, SI, SW, GT, GU, GE, GI, GW]	≥ 1 m unter Planum $D_{pr} \geq 98\%$ < 1 m unter Planum $D_{pr} \geq 100\%$

[Tab. 8: Verdichtungsanforderungen nach ZTVE-StB 17]

Für Bereiche, in welchen Setzungen in Kauf genommen werden können empfehlen wir, um größere Sackungen zu vermeiden, Material mit einem Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 95\%$ einzubauen.

Der Einbau von Material und seine Verdichtung sind lagenweise vorzunehmen. Die Mächtigkeit der einzelnen Schüttlagen ist an das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät anzupassen, wobei eine maximale Dicke der einzelnen Schüttlagen von 30 cm nicht überschritten werden sollte.

Die Verdichtung ist gemäß ZTVE-StB durch entsprechende Versuche also durch statische Plattendruckversuche oder direkte Dichtebestimmungen nachzuweisen.

Die Erdarbeiten sollten nicht vor einer länger zu erwartenden Regen- oder Frostperiode beginnen.

5.1.2 Wiederverwendung Aushubmaterial

Im Rahmen von Aushubarbeiten wie z. B. beim Herstellen von Kanalgräben fallen im Bereich des Erschließungsgebietes Goldshöfer Sande, bindige- und Grobkörnige Verwitterungsböden sowie Ton- und Sandsteinmaterial an. Im Rahmen der Baugrunderkundung konnten die anfallenden Festgesteine überwiegend mit einem Radbagger mit Felslöffel gelöst und ausgehoben werden. Bereichsweise (SCH 4 und SCH6) konnten einzelne kompetente Sandsteinbänke nicht gelöst werden. Insofern sollten für die Erschließung Meiselarbeiten mit ausgeschrieben werden.

Eine Wiederverwendung der bindigen Verwitterungsböden ist in der Regel nur unter der Zugabe eines hydraulischen Mischbindemittels aus Weißfeinkalk und Zement (vgl. Kapitel 5.2.3) möglich.

Das Material der Goldshöfer Sande und der grobkörnigen Verwitterungsböden kann bei niedrigen Feinkornanteilen in der Regel ohne weitere Maßnahmen wiederverwendet werden. Bei Material mit hohem Feinkornanteil ist ebenfalls eine Bodenverbesserung vorzunehmen.

Das Material der Tonsteine lässt sich erfahrungsgemäß kann im erdfeuchten Zustand ebenfalls qualifiziert Wiederverwendet werden. Das beim Aushub Sandsteinmaterial fällt hingegen vorwiegend in Form von größeren Steinen und Blöcken an, welche sich in dieser Form nicht zum Wiedereinbau eignen. Für eine Wiederverwendung müsste das Material daher mit einem geeigneten Verfahren gebrochen werden.

Bei Fremdmaterial empfiehlt es sich ein grobkörniges, verdichtungswilliges, raumbeständiges Material zu verwenden. Die Qualität des verwendeten Materials und der Verdichtung ist je nach vorgesehener Nutzung festzulegen. Für Bereiche mit Verformungsbegrenzungen kann ein Material der Bodengruppen, SW, SI, GW, GI und GU gem. DIN 18 196 verwendet werden. Bei entsprechender Eignung kann auch ein Recyclingmaterial verwendet werden.

5.1.3 Bodenverbesserung

Eine Bodenverbesserung mit einem hydraulischen Mischbindemittel aus Weißfeinkalk und Zement erhöht die Verdichtungsfähigkeit sowie die Tragfähigkeit von bindigen und gemischtkörnigen Böden und ermöglicht somit den Einbau in Dammschüttungen und Grabenverfüllungen sowie die Herstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums unterhalb des Straßenoberbaus.

Bei windigen Bedingungen ist eine Verwehung von Bindemittelstaub möglich. Zur Minimierung der Staubentwicklung kann staubreduziertes Bindemittel Verwendung finden. Beim Einsatz staubreduzierter Produkte sind entsprechende Mehrkosten zu erwarten.

Die Wahl des Bindemittels sollte im Hinblick auf die zu verbessernden Böden getroffen werden. Bei den im Erschließungsgebiet anstehenden bindigen Fließ- und Verwitterungsböden empfiehlt sich ein Mischbindemittel mit 50% Weißfeinkalk und 50 % Zement zu verwenden.

Vorab empfehlen wir für Bodenverbesserungen der anstehenden Verwitterungsböden einen Bindemittelgehalt von rd. 2 M.-% zuzugeben. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte des Bodens von rd. 1,65 g/cm³ entspricht dies bei einer üblichen Frästiefe von 40 cm einer Ausstreumenge von ca. 13 kg/m². Bei Bedarf kann dann mit geringen Zugabemengen nachgestreut werden. Diese Bindemittelmenge sollte allerdings auch nicht unterschritten werden, um die Dauerhaftigkeit der Verbesserung auch langfristig zu gewährleisten. D. h. wenn bei trockener Witterung verbessert wird kann sogar die Zuführung von Wasser erforderlich werden. Die Dosierung der erforderlichen Bindemittelzugabemenge und die Zusammensetzung des Bindemittels (Weißfeinkalk / Zement Anteil) hängt im Wesentlichen von den Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Ausführung ab. Probefelder zu Beginn der Arbeiten oder eine örtliche Beurteilung durch einen Gutachter sind daher erforderlich und hilfreich. Bei schlechter Witterung und starker Durchfeuchtung kann eine Erhöhung der Ausstreumenge notwendig werden.

Bei der Bodenverbesserung ist darauf zu achten, dass nach dem Ausstreuen des Bindemittels der Boden mindestens 2- fach gefräst wird. Abweichungen hiervon sollten von einem Gutachter festgelegt werden. Der Boden sollte kleinkrümelig sein, eine homogene Färbung annehmen und das Bindemittel vollständig untergefräst sein. Es ist dabei eine ausreichend dimensionierte Bodenfräse mit mind. 40 cm Tiefgang einzusetzen. Die Verdichtung des Boden-Bindemittel- Gemisches sollte mit ca. 3 - 4 dynamischen Übergängen mit einem Schaffußwalzenzug erfolgen. Danach ist die Fläche mit einer Walze mit Glattmantelbandage abzuwalzen. Bei der Profilierung des Erdplanums ist darauf zu achten, dass eine ausreichende Querneigung bzw. Längsneigung zur Entwässerung vorhanden ist.

Jede Lage ist unmittelbar nach dem Schütten bzw. nach dem Fräsen zu verdichten. Bei unklaren Witterungsverhältnissen sind am Ende des Arbeitstages alle Einbauflächen glatt abzuwalzen, um ein Eindringen von Regenwasser zu verhindern. Beim Einbau des Bodens sowie bei der Herstellung des Erdplanums sind die Vorgaben der ZTVE-StB zu beachten.

5.2 Kanalbau

5.2.1 Gestaltung und Sicherung von Leitungsräben

Zum Zeitpunkt dieses Gutachtens liegen uns noch keine konkreten Angaben zur Verlegetiefe von Kanälen vor. Bei übliche Verlegetiefen zwischen rd. 1,5 – 4,0 m u. GOK schneiden Kanalgräben in die oberflächennahen grobkörnigen und bindigen Verwitterungsböden sowie über weite Bereiche des Baugebiets auch in das anstehende Festgestein ein.

Sofern es die Platzverhältnisse zulassen können die Kanalgräben in den Verwitterungsböden, außerhalb von Grund- oder Schichtwassereinfluss, bis zu einer maximalen Böschungshöhe von 5 m gemäß DIN 4124 frei geböscht werden. Die in Abhängigkeit der anstehenden Böden maximal zulässigen Böschungswinkel können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Bodentyp	Maximal zulässiger Böschungswinkel β [°]
- Grob- und Gemischtkörnige Böden	45
- mindestens steife bindige Böden, verwittertes Festgestein	60
- unverwittertes Festgestein	80

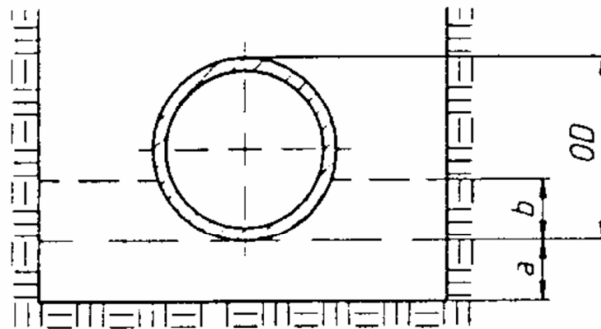
[Tab. 9: max. zulässige freie Böschungswinkel]

Bei nicht ausreichenden Platzverhältnissen bzw. wenn Böschungshöhen von >5 m vorliegen, können die Kanalgräben unter der Verwendung geeigneter, in den Gräben einstellbarer Grabenverbaugeräte (Schleppbox, etc.) hergestellt werden.

Im Rahmen der Erkundungsarbeiten wurden keine Wasserzutritte in die Schürfe festgestellt. Ein möglicher Zustrom von Sicker- und Oberflächenwasser in den Kanalgräben kann in der Regel über eine offene Wasserhaltung abgezogen werden.

5.2.2 Rohraufleger

Im Hinblick auf die Auflagerung und Einbettung des Rohres empfehlen wir, die Anwendung der DIN EN 1610 und im vorliegenden Fall entlang der gesamten Kanaltrasse den Einbau einer Schutzschicht bzw. eines Rohrauflegers nach DIN 1610 Typ 1 herzustellen. Die Dicke der unteren Bettungsschicht (a) beträgt hierbei üblicherweise mind. 10 cm. In Bereichen in denen auf dem Niveau der Kanalsohle bereits das Festgestein ansteht empfehlen wir die Dicke der Bettungsschicht auf mind. 15 cm zu erhöhen, um die zu erwartende unregelmäßige Aushubsohle auszugleichen. Die Dicke b der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen.



Die Baustoffe in der Rohrleitungszone und deren Körnung sind unter Berücksichtigung des Rohrdurchmessers, des Rohrwerkstoffes und der Rohrwanddicke sowie der Bodeneigenschaften zu wählen. Des Weiteren wird auf die Vorgaben des Rohrherstellers verwiesen.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung kommen die Kanalsohlen voraussichtlich im Bereich mindestens steifer bindiger Verwitterungsböden, grobkörniger Verwitterungsböden sowie des Festgesteins zu liegen. Diese Böden stellen in Kombination mit der Bettungsschicht jeweils ein ausreichend tragfähiges Rohraufleger dar.

Werden im Rahmen des Aushubs Weichschichten angetroffen oder kommt es in der Folge von Niederschlägen oder dem Zutritt von Sickerwasser zu einem Aufweichen der Böden an der Grabensohle, so sind die aufgeweichten Bereiche nach der DIN-EN 1610 zu entfernen und durch ein geeignetes Austauschmaterial zu ersetzen.

5.3 Verkehrswegebau

Verkehrsflächen sind generell nach den Vorgaben der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO 12) zu planen und aufzubauen.

Das Baugebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II. Die nach den Ergebnissen der Bohrungen auf dem Planum anstehenden, vorwiegend bindigen Verwitterungsböden sind gemäß der ZTVE-StB der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (stark frostempfindlich) zuzuordnen.

Angaben zu den Belastungsklassen der im Baugebiet vorgesehenen Erschließungsstraßen liegen uns zum Zeitpunkt dieses Gutachtens noch nicht vor. Vorab gehen wir davon aus, dass die Erschließungsstraßen in die Belastungsklasse Bk1,0 gemäß RStO fallen. Diese Annahme ist planerisch zu prüfen. Hieraus ergibt sich gemäß den Tabellen Nr. 6 und Nr. 7 der RStO eine Minstdicke des frostsicheren Oberbaus von 65 cm.

Das Straßenplanum kommt überwiegend im Bereich bindiger Lössböden zu liegen welche oberflächennahe vorwiegend steife und halbfeste Konsistenzen aufweisen. Nach der ZTVE-StB 17 ist auf dem Straßenplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ kN/m}^2$ bei einem Verdichtungsverhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ nachzuweisen.

Diese Anforderung kann auf den oberflächennahe vorwiegend anstehenden bindigen Verwitterungsböden in der Regel nicht erbracht werden. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit empfehlen wir für das Planum der Erschließungsstraßen eine einlagige Bodenverbesserung mit einer Frästiefe von mindestens 40 cm vorzunehmen (vgl. Kapitel 5.1.3).

Bei einem Standardaufbau gemäß Tafel 1, Zeile 3 der RStO 12 ist auf Oberkante Frostschutz/Tragschicht für die Belastungsklassen Bk1,0 ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Die Frostschutz-/Tragschicht ist unter Verwendung eines geeigneten frostsicheren Materials aufzubauen.

Sowohl auf dem Planum als auch auf OK Tragschicht ist die ausreichende Tragfähigkeit nach Einbau durch statische Plattendruckversuche nachzuweisen.

5.4 Gründung von Bauwerken

Die nachfolgend getroffenen Aussagen sind lediglich eine allgemeine Einschätzung über die Baugrundsituation im Erschließungsgebiet. Für spätere Bauwerke empfehlen wir das eigentliche Bau-
feld im Rahmen eines Gründungsgutachtens detailliert zu erkunden.

Oberflächennahe stehen im Bereich des Erschließungsgebiets bereichsweise Goldshöfer Sande und auf der gesamten Fläche die Verwitterungsböden des unteren Juras (mindestens Steife bindige Böden und grobkörnige Böden) an. Die Dicke der Lockergesteinüberdeckung im Baugebiet liegt zwischen rd. 0,8 – 3,8 m. Das Lockergestein stellt somit insbesondere für die Gründung nichtunterkellelter Gebäude den potentiellen Gründungshorizont dar. Generell bildet das im Erschließungsgebiet anstehende Lockergestein einen ausreichend tragfähigen Baugrund für die Errichtung von Bauwerken mit moderaten Bauwerkslasten (Einfamilienhäuser). Insbesondere die bindigen Böden im Erschließungsgebiet sind als stark austrocknungs- und schrumpfungsfähig zu bewerten. Bei der Gründung nichtunterkellelter Gebäude sollte daher eine frost- und schrumpfungssichere Mindesteinbindetiefe der Fundamente von > 1,5 m u. GOK gewählt werden.

Unterhalb der Lockergesteine folgt das an seiner Oberfläche deutlich aufgewitterte Festgestein in Form von Ton- und Sandsteinen. Das Festgestein bildet generell einen gut Tragfähigen Baugrund auf welchen auch höhere Bauwerkslasten in der Regel gut abgetragen werden können. Das Festgestein wird insbesondere bei der Gründung unterkellelter Gebäude den Gründungshorizont bilden.

Auf gefrorenem Boden darf nicht gegründet werden. Aufgelockerte, aufgeweichte oder in anderer Weise entfestigte Zonen sowie organische Beimengungen in den Endaushubebenen sind sorgfältig zu entfernen und durch Austauschboden oder Differenzbeton zu ersetzen.

Aushubbedingte Auflockerungen sind ebenfalls sorgfältig zu beseitigen. Organischer Oberboden ist im Einflussbereich der geplanten Bebauung vollständig zu entfernen. Bei Bodenaustausch ohne Beton ist zur Lastausbreitung im Boden ein seitlicher Überstand in Schichtstärke vorzunehmen.

6 VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER

Eine Versickerung von Niederschlagswasser setzt voraus, dass in Anlehnung an das **DWA-Arbeitsblatt A 138** (April 2005) der Untergrund, der für eine Versickerung vorgesehen ist, Durchlässigkeiten $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s aufweist.

Die im Erschließungsgebiet anstehenden Verwitterungsböden und das Festgestein weisen erfahrungsgemäß Durchlässigkeitsbeiwerte in Größenordnungen von $k_f = 1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Eine Versickerung in diesen Böden ist somit nicht möglich. Generell sollte im Hinblick auf den bei Wasserzutritten rutschungsempfindlichen Knollenmergel, welcher an den Hängen unterhalb des Baugebiets ansteht auf den Eintrag von Wasser in den Untergrund verzichtet werden. Das Wasser ist daher entsprechend zu fassen und Rückstaufrei abzuleiten.

7 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Untergrundverhältnisse im Erschließungsgebiet wurden durch zehn Baggerschürfe sowie unter Hinzuziehung der örtlichen Kenntnisse der geologischen Verhältnisse beschrieben und beurteilt. Wir weisen darauf hin, dass es sich bei Sondierbohrungen um punktuelle Aufschlüsse handelt und Abweichungen vom hier beschriebenen Befund nicht ausgeschlossen werden können, womit eine ständige und sorgfältige Kontrolle der bei den Erd- und Gründungsarbeiten angetroffenen Verhältnissen und ein Vergleich zu den Ergebnissen und Folgerungen im Gutachten unerlässlich sind.

Spätestens bei Baubeginn vom Baugrundsachverständigen die Übereinstimmung der tatsächlichen Baugrundverhältnisse mit den Angaben des Gutachtens im Rahmen einer Sohlabnahme zu prüfen.

Für die Geotechnik Aalen GmbH & Co. KG



Dipl.-Geol. W. Höffner

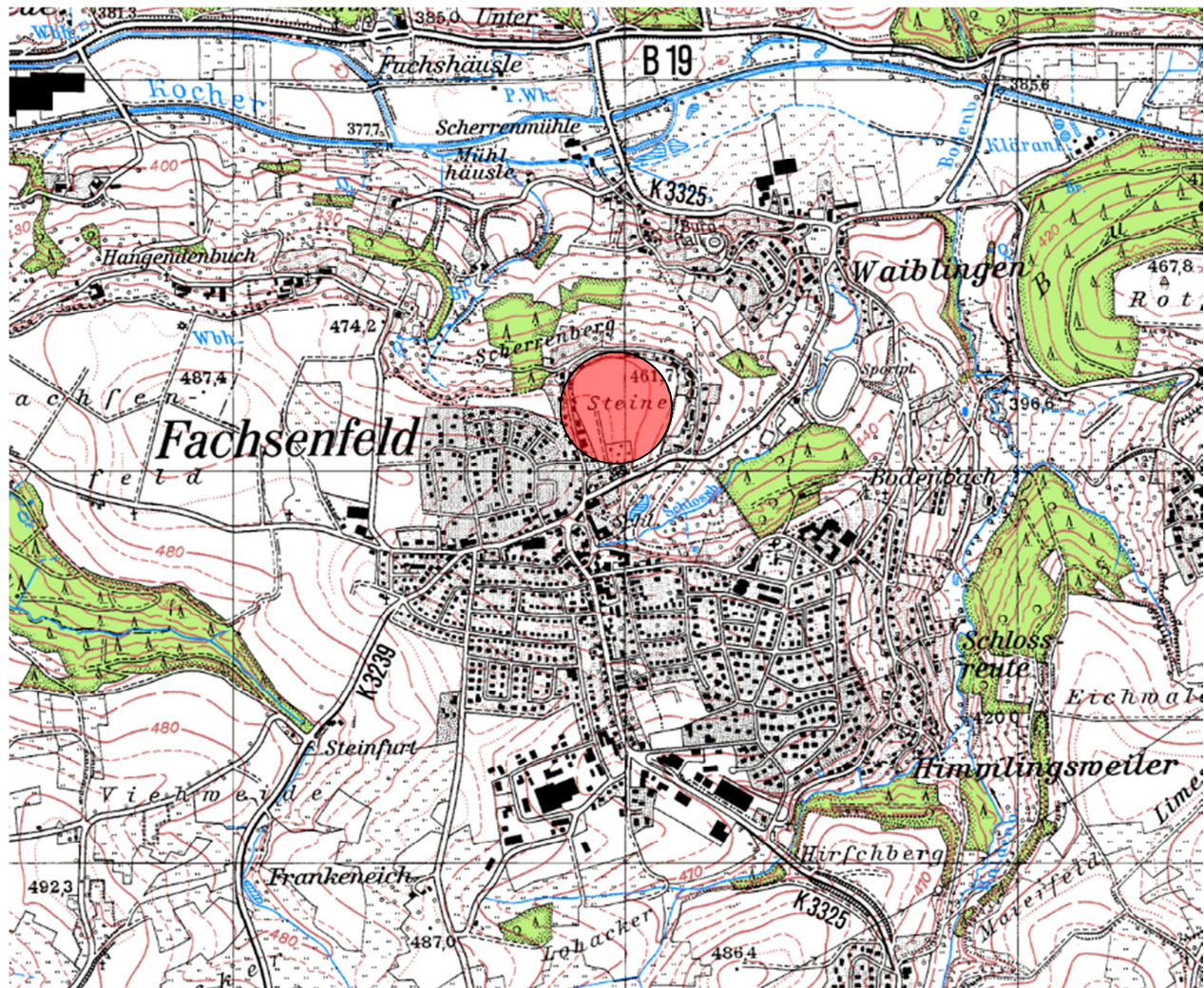
Sachbearbeiter:



M. Sc. S. Sprengholz

ÜBERSICHTSLAGEPLAN

Plangrundlage: TK 25



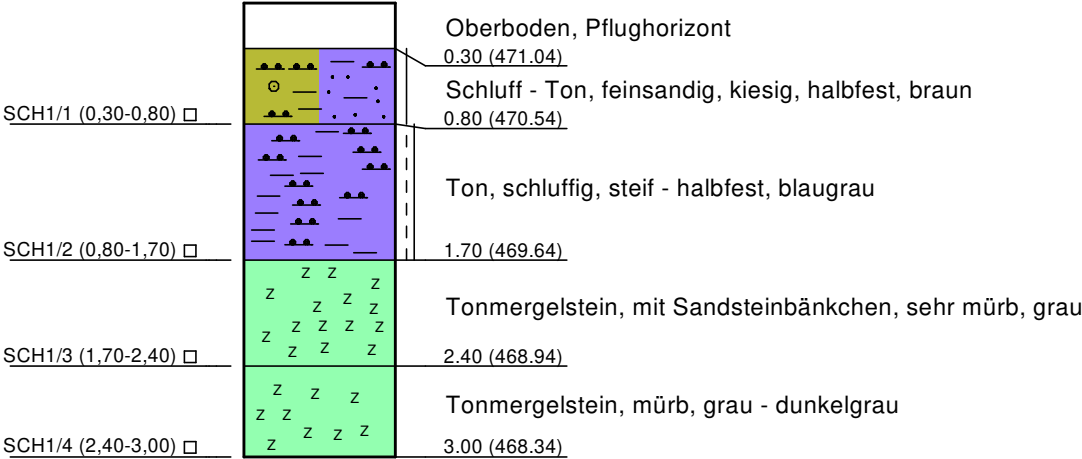
Legende:

 Untersuchungsgebiet



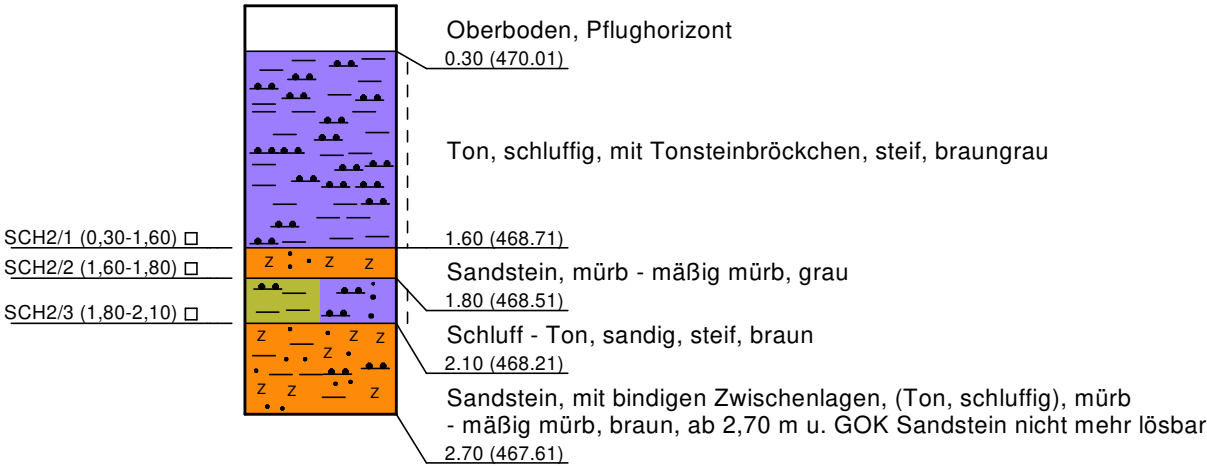
SCH 1

471,34 m NN



SCH 2

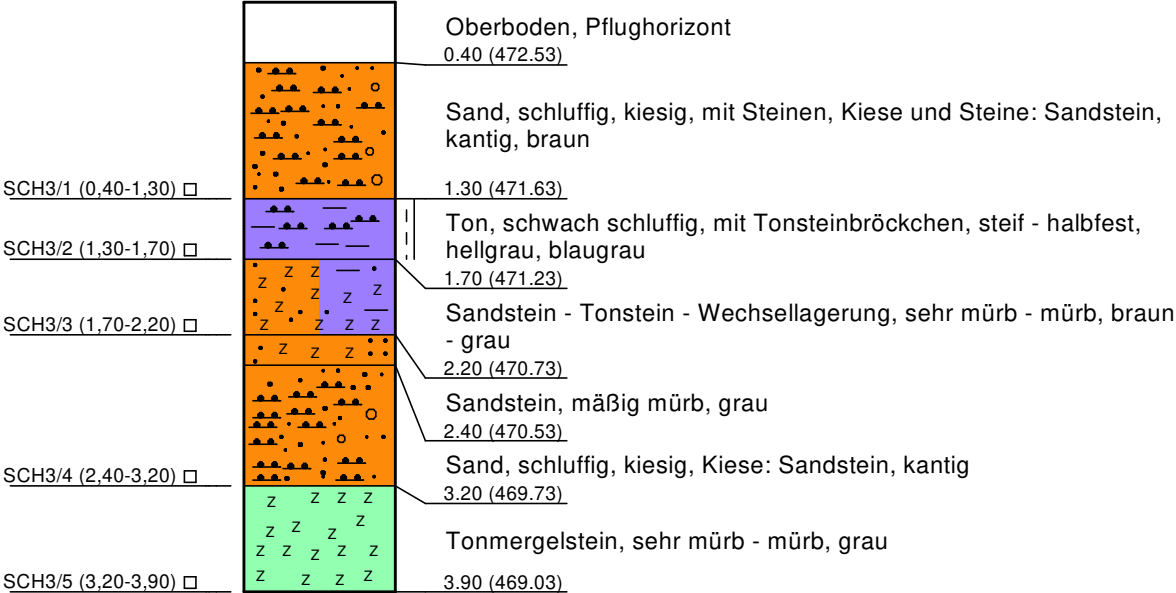
470,31 m NN



16.08.2022/S. Sprengholz/M 1: 50

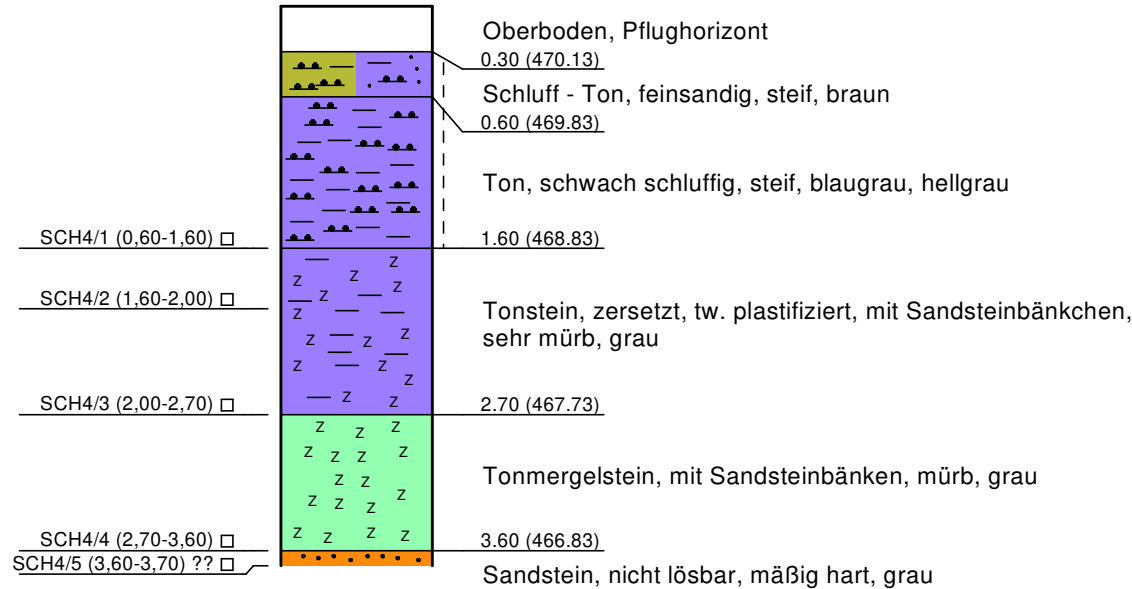
SCH 3

472,93 m NN



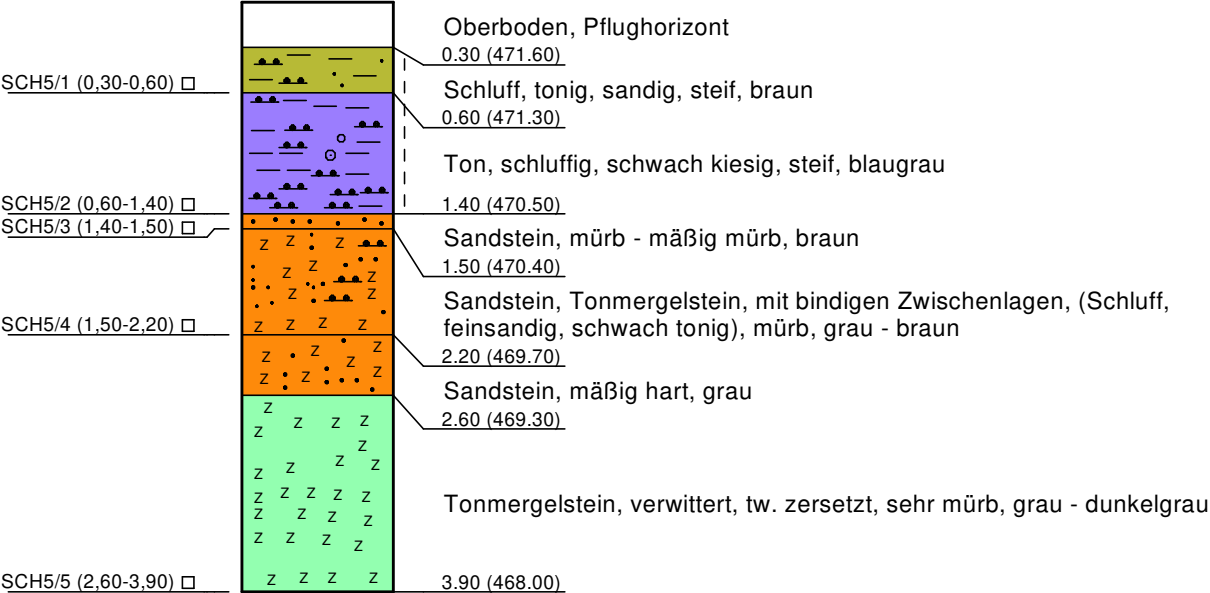
SCH 4

470,43 m NN



SCH 5

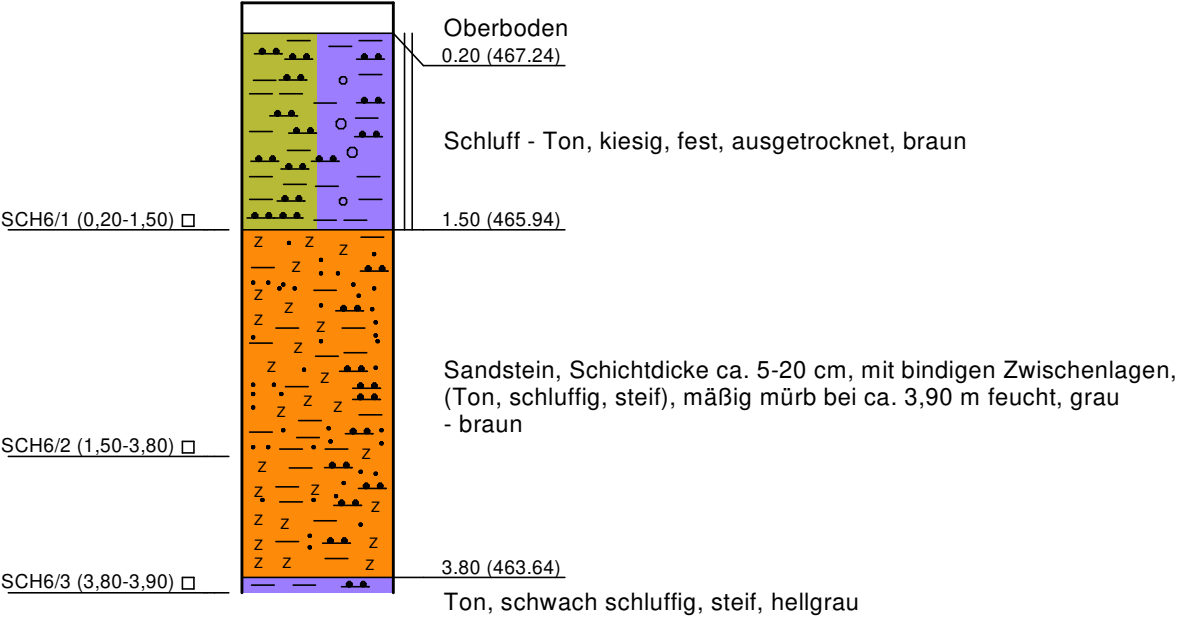
471,90 m NN



16.08.2022/S. Sprengholz/M 1: 50

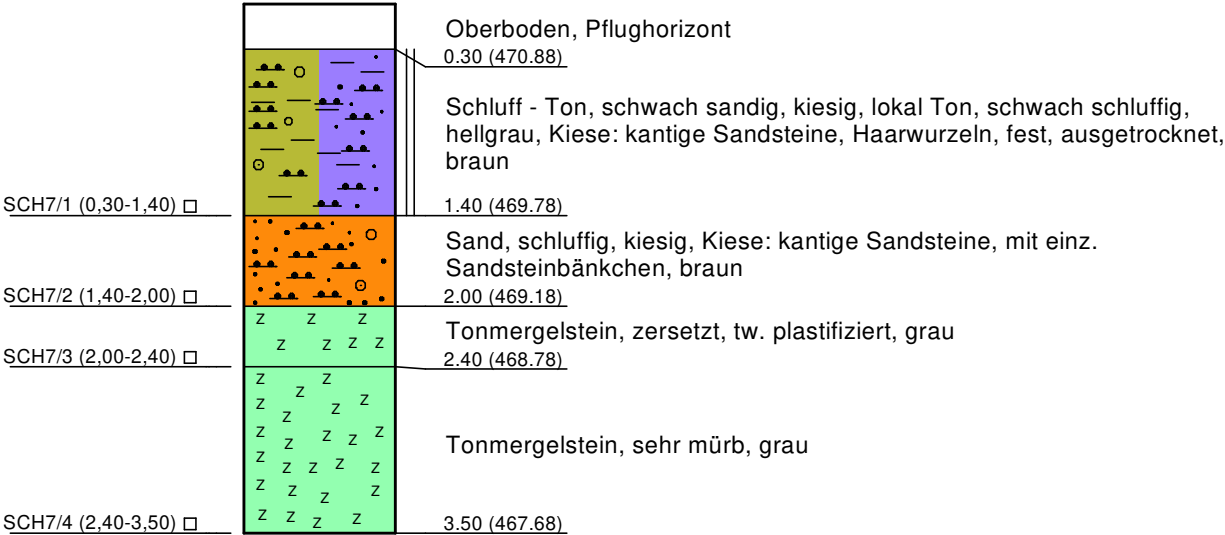
SCH 6

467,44 m NN



SCH 7

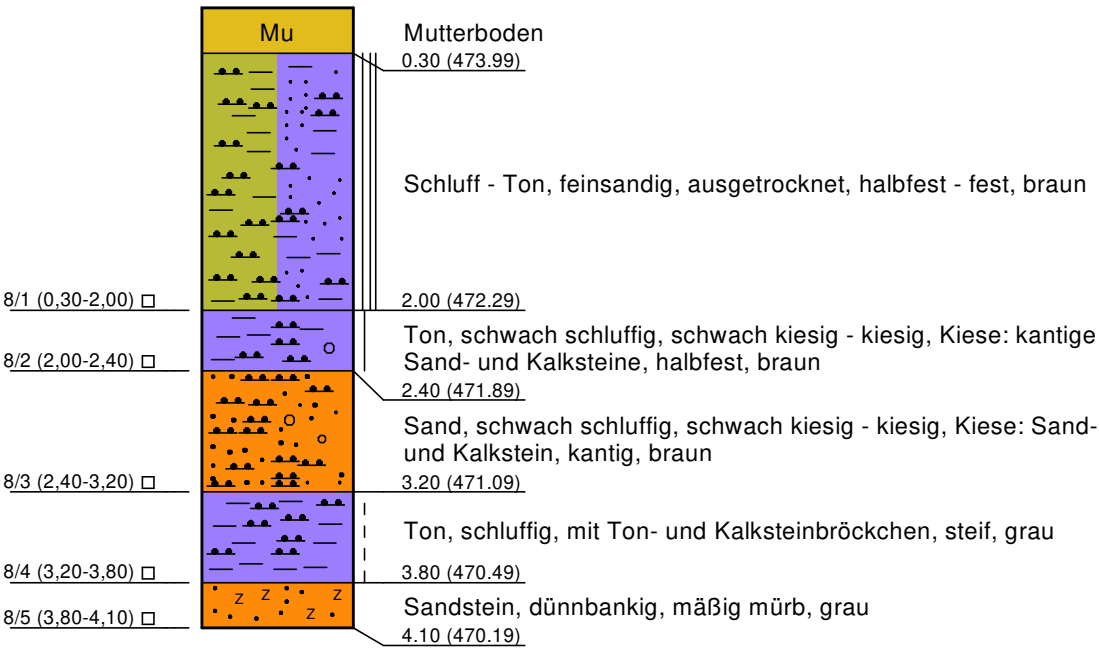
471,18 m NN



31.08.2022/S. Sprengholz/M 1: 50

SCH 8

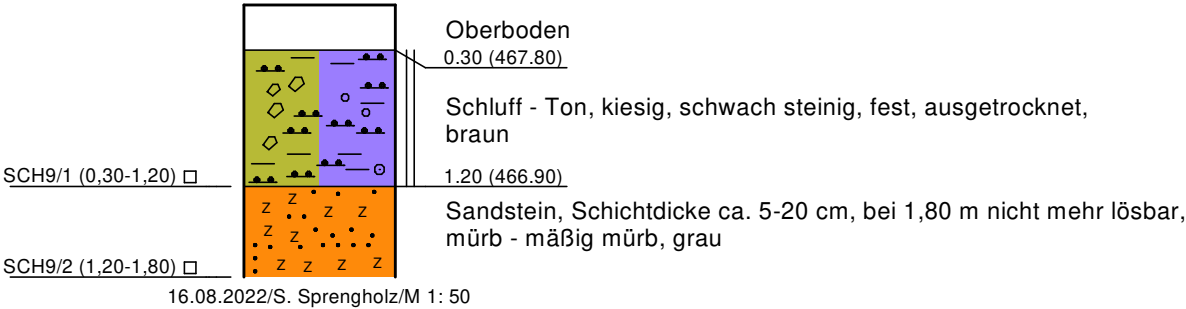
474,29 m NN



16.08.2022/S. Sprengholz/M 1: 50

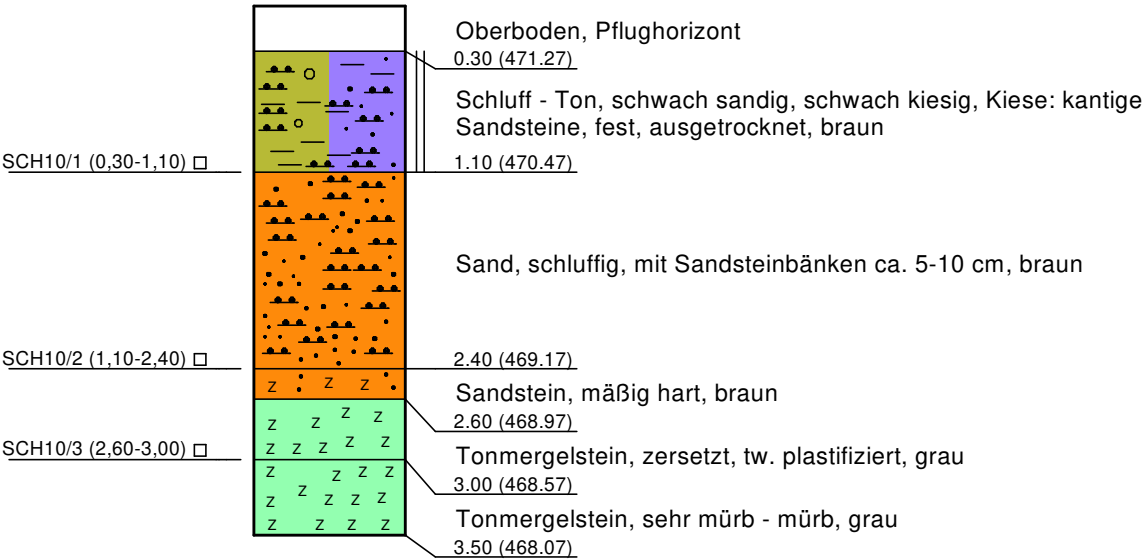
SCH 9

468,10 m NN



SCH 10

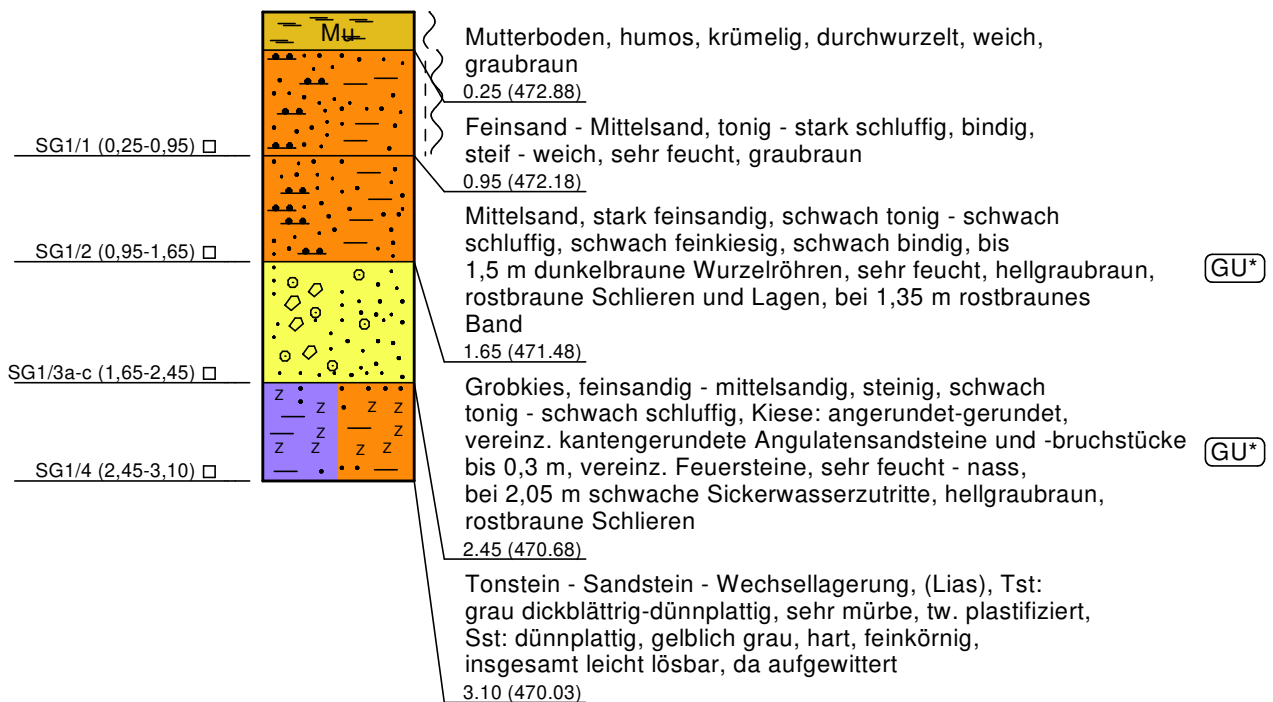
471,57 m NN



31.08.2022/S. Sprengholz/M 1: 50

SG 1 (2000)

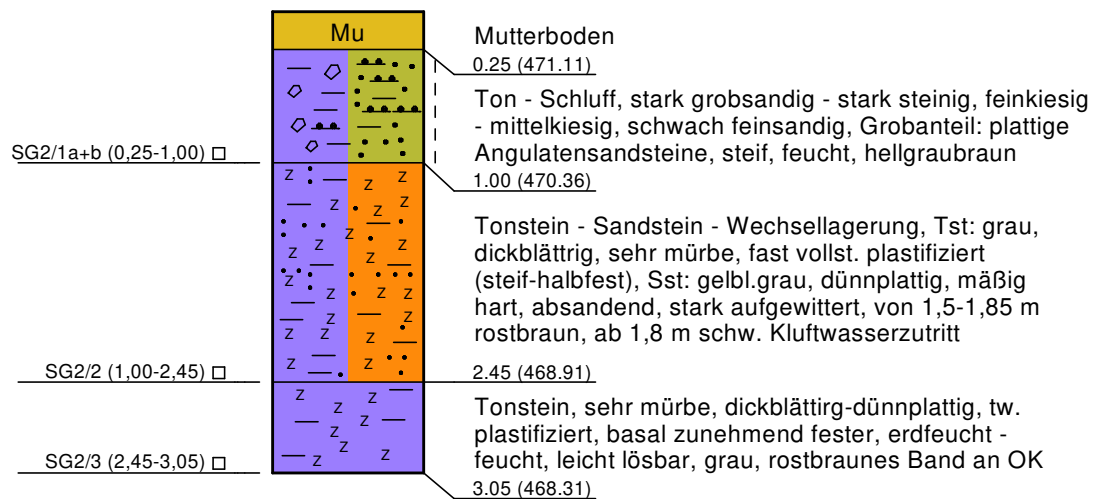
473,13 m NN



20.10.2000/F. Hühne/M 1: 50

SG 2 (2000)

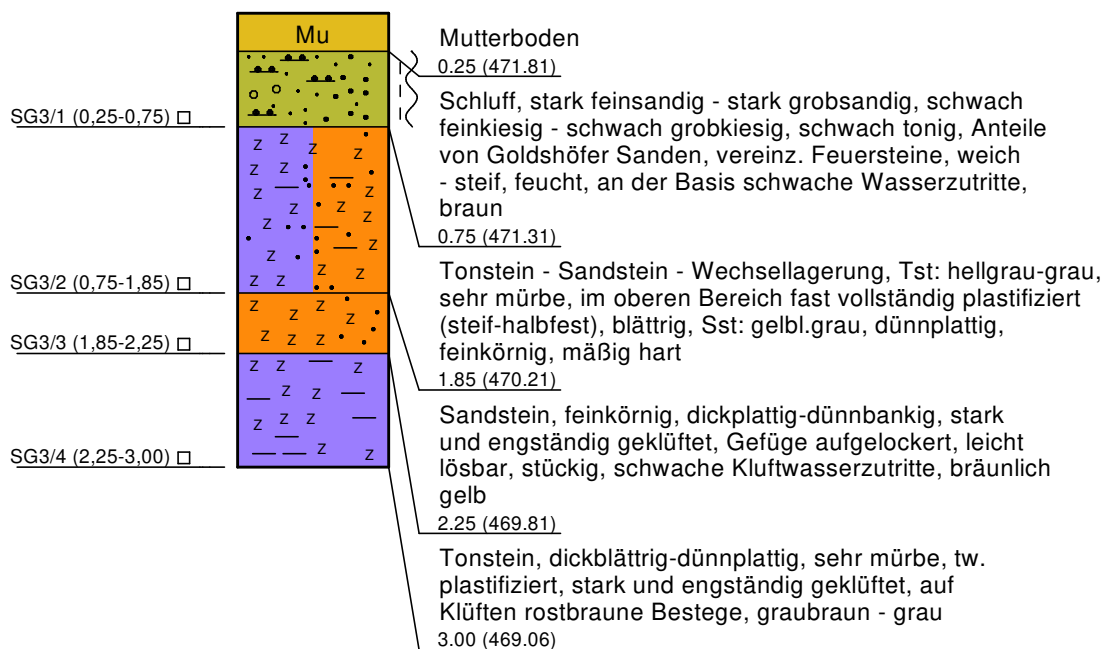
471,36 m NN



20.10.2000/F. Hühne/M 1: 50

SG 3 (2000)

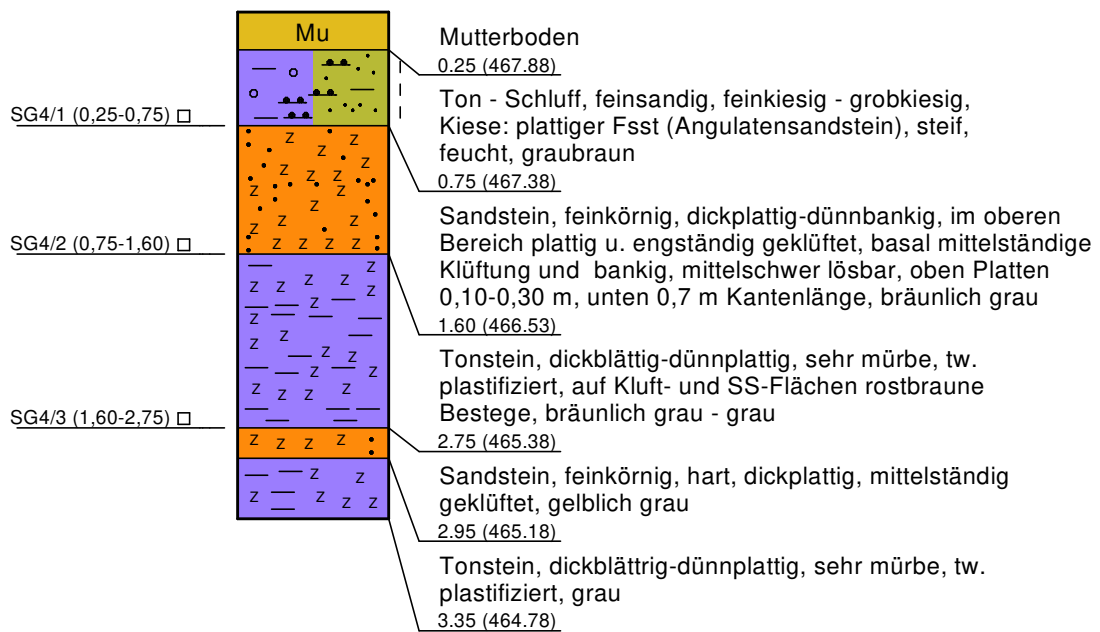
472,06 m NN



20.10.2000/F. Hühne/M 1: 50

SG 4 (2000)

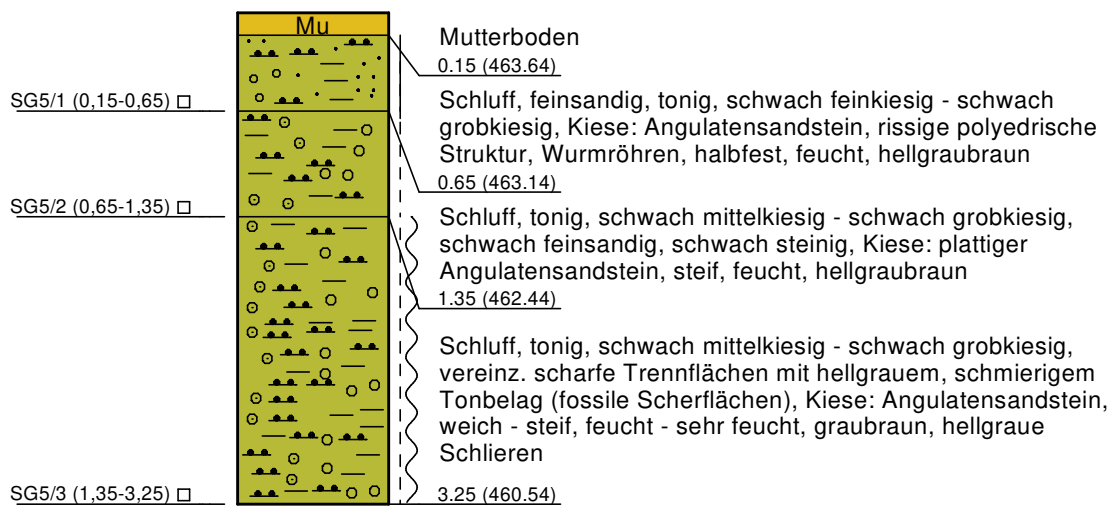
468,13 m NN



20.10.2000/F. Hühne/M 1: 50

SG 5 (2000)

463,79 m NN



20.10.2000/F. Hühne/M 1: 50

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
Städtebauliches Konzept
"Steine"
in Aalen-Fachsenfeld

Bearbeiter: Hä/Se

Datum: 24.08.2022

Prüfungsnummer: 01
Entnahmestelle: SCH 1 - SCH 9
Tiefe: siehe Anlage 2
Bodenart: siehe Anlage 2
Entnahmeart: gestört
Entnahme: 16.08.22 durch Sp

Probenbezeichnung:	SCH1/1	SCH1/2	SCH2/1	SCH2/3	SCH3/1
Feuchte Probe + Behälter [g]:	316.70	431.70	377.90	393.30	1265.00
Trockene Probe + Behälter [g]:	283.40	383.30	336.80	269.80	1174.70
Behälter [g]:	114.10	120.20	109.80	105.60	256.50
Porenwasser [g]:	33.30	48.40	41.10	123.50	90.30
Trockene Probe [g]:	169.30	263.10	227.00	164.20	918.20
Wassergehalt [%]:	19.67	18.40	18.11	75.21	9.83

Probenbezeichnung:	SCH3/2	SCH4/1	SCH5/1	SCH5/2	SCH6/1
Feuchte Probe + Behälter [g]:	367.80	486.90	377.20	308.70	515.80
Trockene Probe + Behälter [g]:	329.10	430.00	335.40	271.30	488.10
Behälter [g]:	110.50	109.70	113.90	110.40	113.90
Porenwasser [g]:	38.70	56.90	41.80	37.40	27.70
Trockene Probe [g]:	218.60	320.30	221.50	160.90	374.20
Wassergehalt [%]:	17.70	17.76	18.87	23.24	7.40

Probenbezeichnung:	SCH6/3	SCH8/1	SCH8/2	SCH8/3	SCH9/1
Feuchte Probe + Behälter [g]:	298.80	353.70	384.30	843.30	569.50
Trockene Probe + Behälter [g]:	256.80	324.90	348.10	820.70	536.80
Behälter [g]:	108.00	100.60	108.20	359.40	114.34
Porenwasser [g]:	42.00	28.80	36.20	22.60	32.70
Trockene Probe [g]:	148.80	224.30	239.90	461.30	422.46
Wassergehalt [%]:	28.23	12.84	15.09	4.90	7.74

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Städtebauliches Konzept****"Steine"****in Aalen-Fachsenfeld**

Bearbeiter: He

Datum: 25.08.2022

Prüfungsnummer: SCH1/2

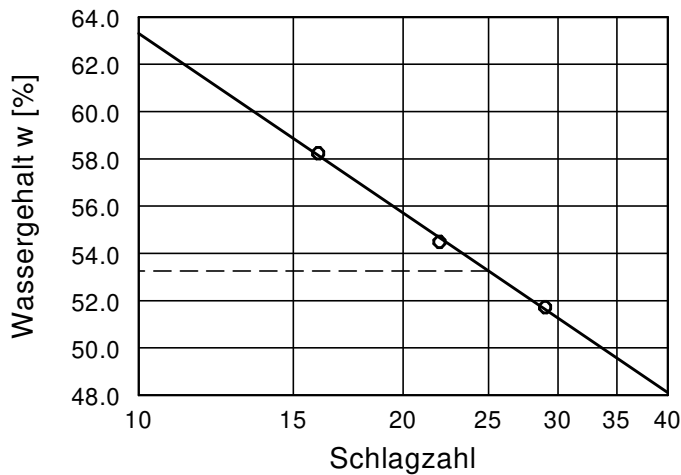
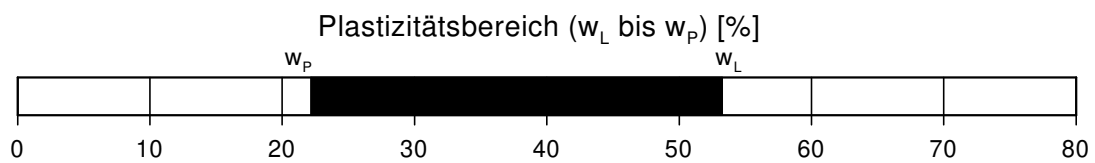
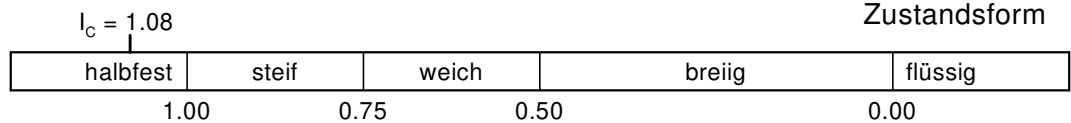
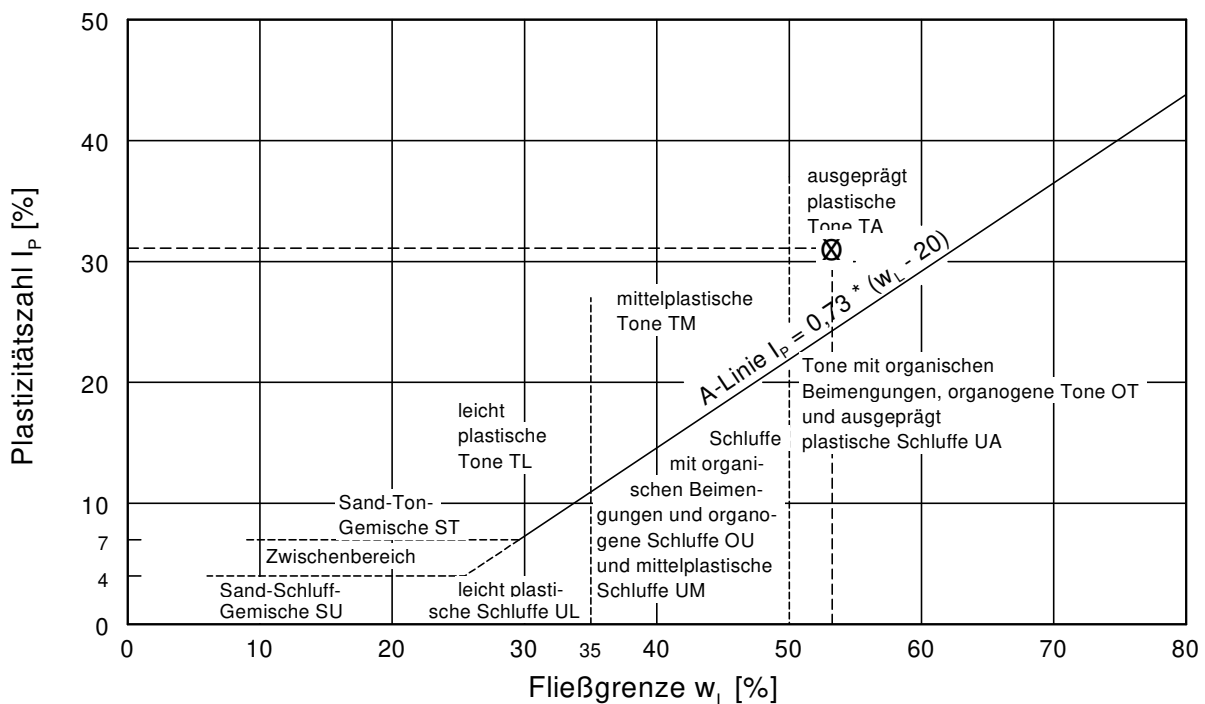
Entnahmestelle: SCH 1

Tiefe: 0,80 - 1,70 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton, u (TA)

Entnahme: 16.08.2022 durch Sp

Wassergehalt $w = 19.7 \%$ Fließgrenze $w_L = 53.3 \%$ Ausrollgrenze $w_P = 22.2 \%$ Plastizitätszahl $I_P = 31.1 \%$ Konsistenzzahl $I_C = 1.08$ **Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Städtebauliches Konzept****"Steine"****in Aalen-Fachsenfeld**

Bearbeiter: He

Datum: 25.08.2022

Prüfungsnummer: SCH3/2

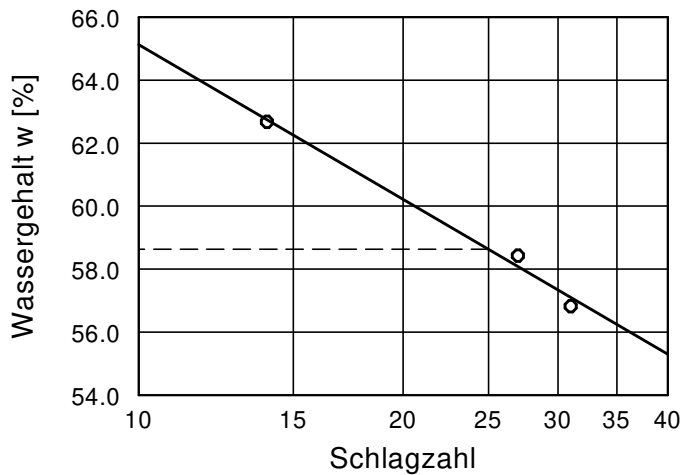
Entnahmestelle: SCH 3

Tiefe: 1,30 - 1,70 m

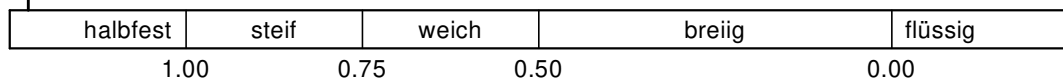
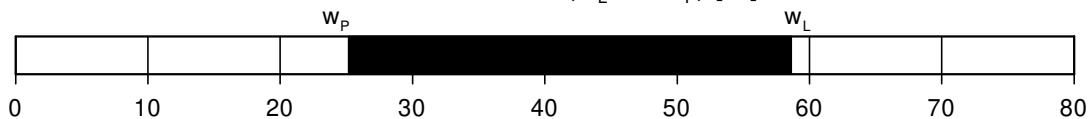
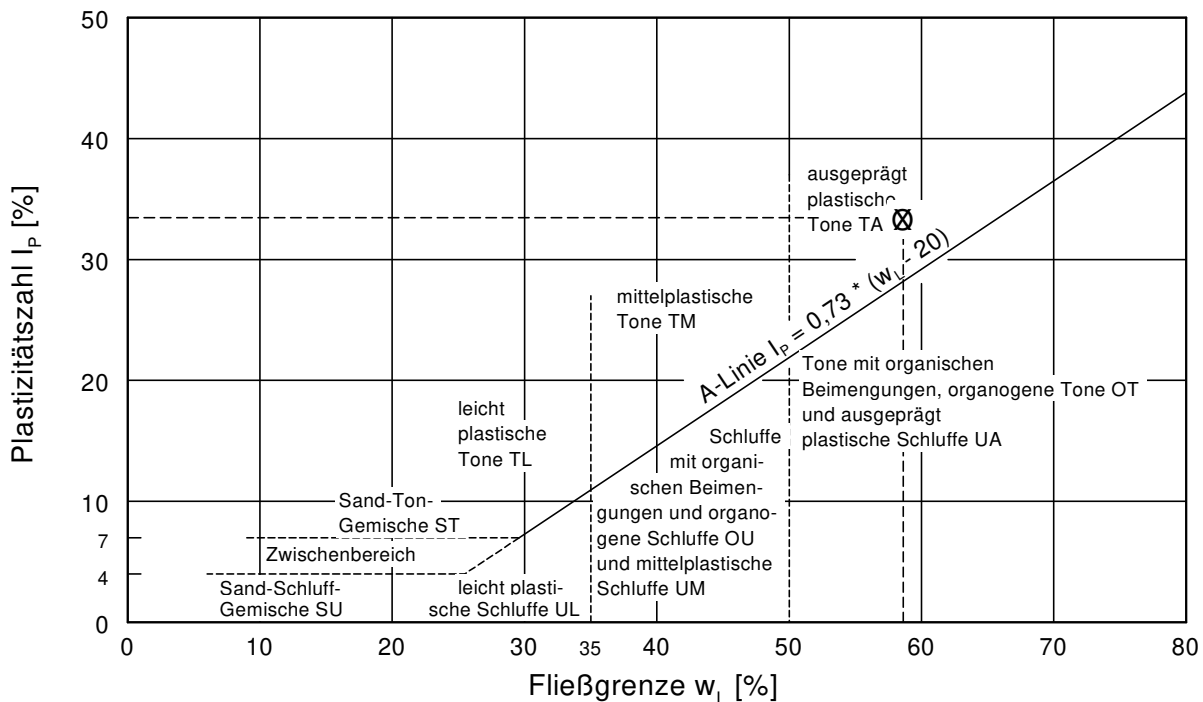
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton, u (TA)

Entnahme: 16.08.2022 durch Sp

Wassergehalt $w = 17.7 \%$ Fließgrenze $w_L = 58.6 \%$ Ausrollgrenze $w_p = 25.2 \%$ Plastizitätszahl $I_p = 33.4 \%$ Konsistenzzahl $I_c = 1.22$ $I_c = 1.22$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]**Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Städtebauliches Konzept****"Steine"****in Aalen-Fachsenfeld**

Bearbeiter: He

Datum: 24.08.2022

Prüfungsnummer: SCH6/3

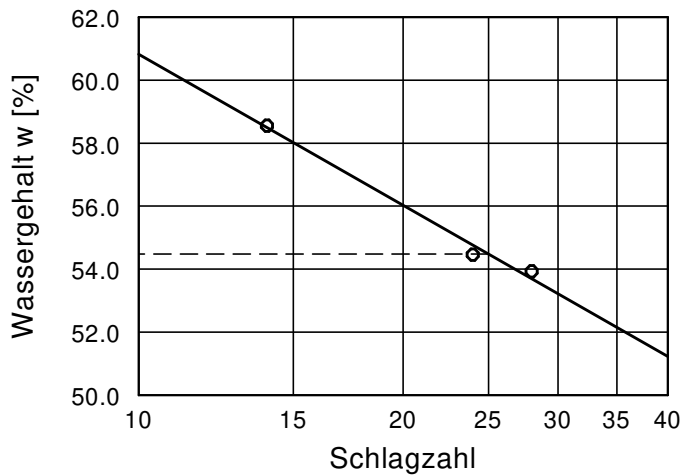
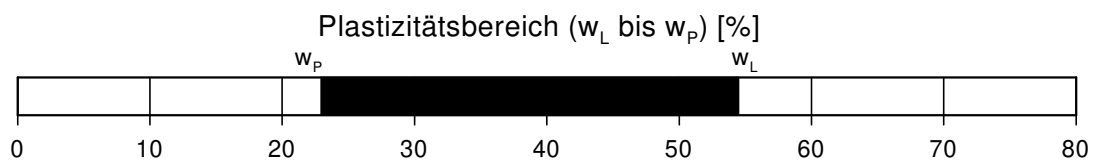
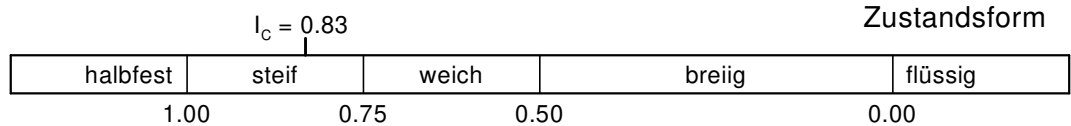
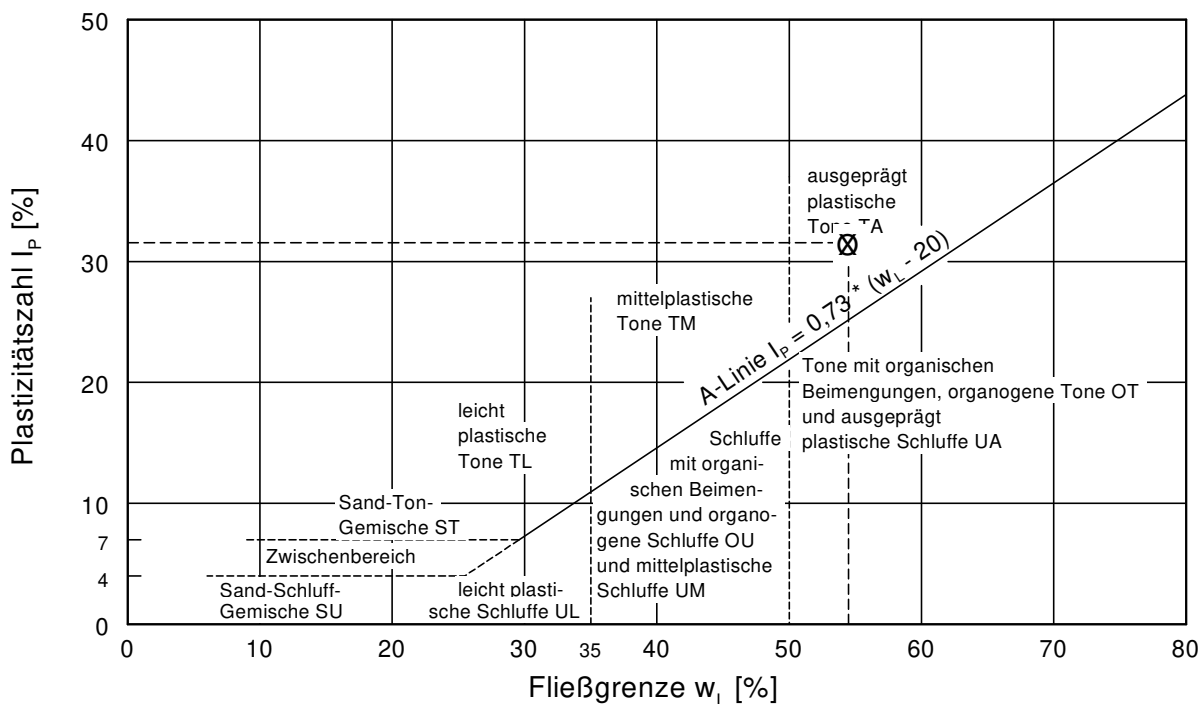
Entnahmestelle: SCH 6

Tiefe: 3,00 - 3,90 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton, u (TA)

Entnahme: 16.08.2022 durch Sp

Wassergehalt $w = 28.2 \%$ Fließgrenze $w_L = 54.5 \%$ Ausrollgrenze $w_P = 22.9 \%$ Plastizitätszahl $I_P = 31.6 \%$ Konsistenzzahl $I_C = 0.83$ **Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Städtebauliches Konzept****"Steine"****in Aalen-Fachsenfeld**

Bearbeiter: He

Datum: 25.08.2022

Prüfungsnummer: SCH5/2

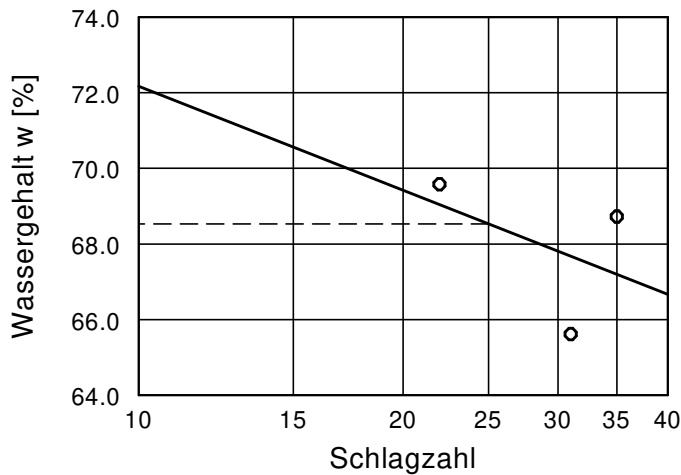
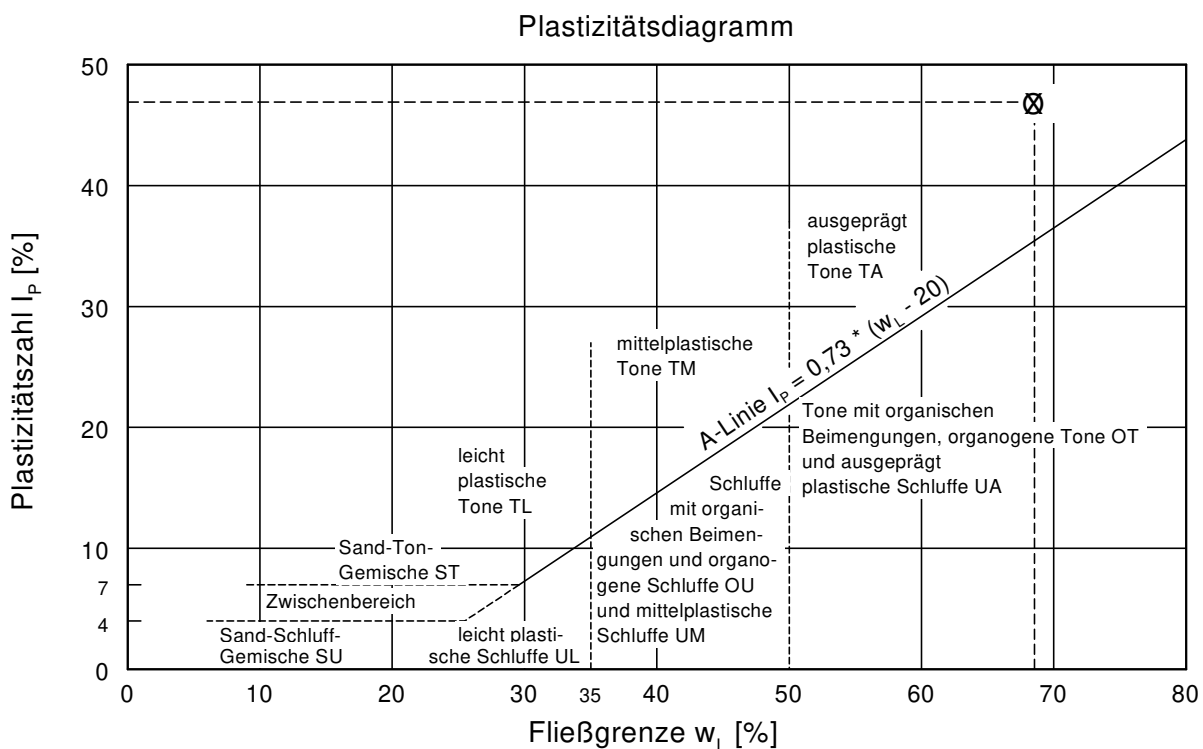
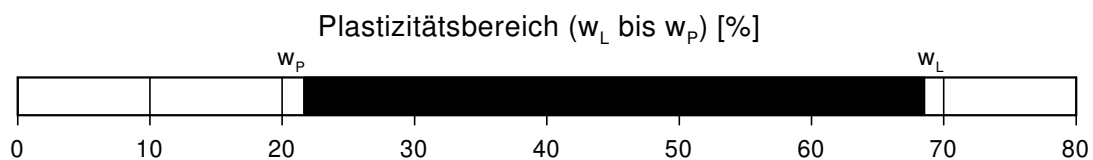
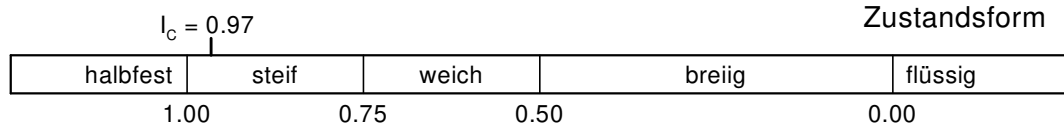
Entnahmestelle: SCH 5

Tiefe: 0,60 - 1,40 m

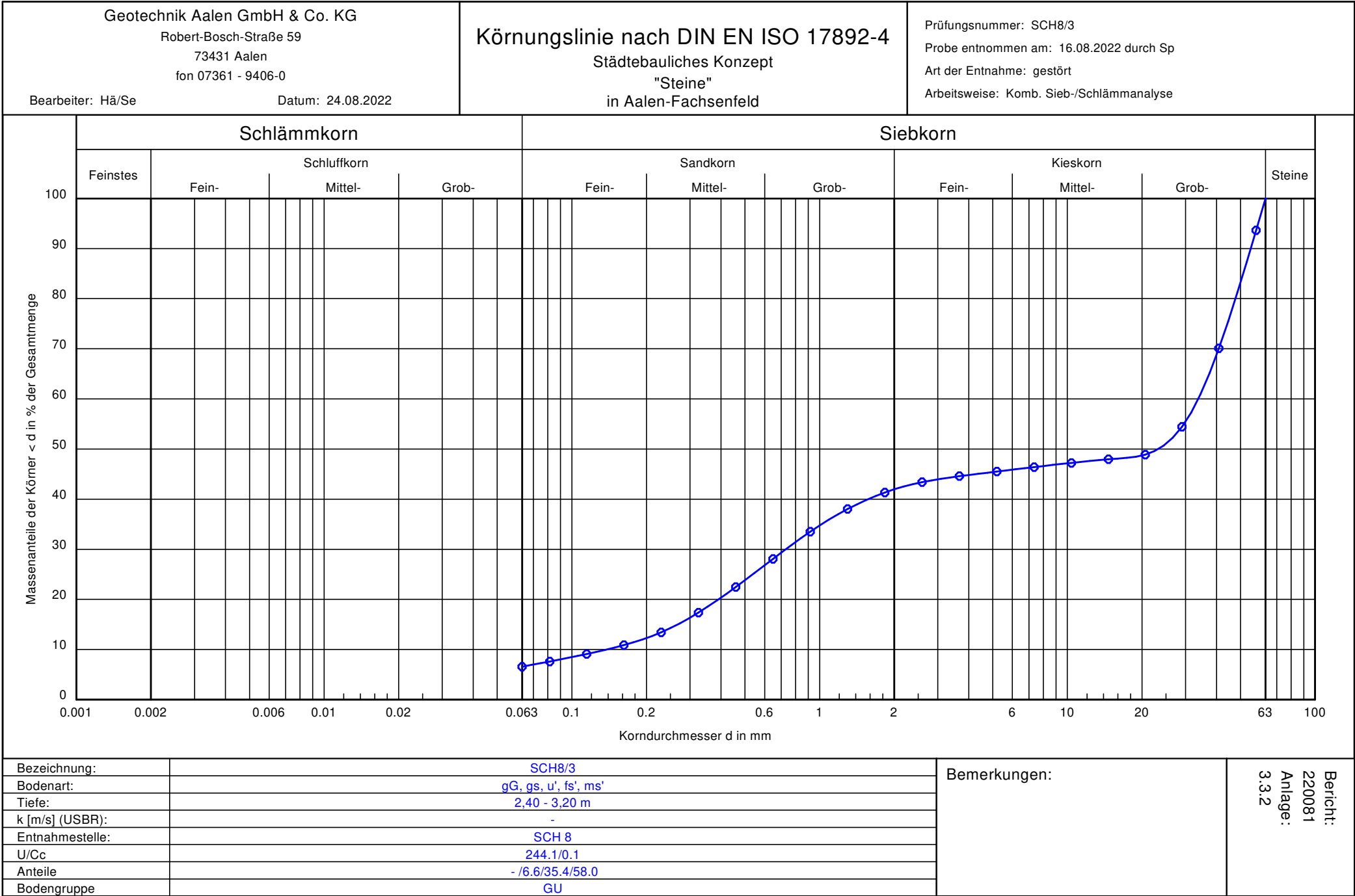
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton, u, g (TA)

Entnahme: 16.08.2022 durch Sp

Wassergehalt $w = 23.2 \%$ Fließgrenze $w_L = 68.5 \%$ Ausrollgrenze $w_P = 21.6 \%$ Plastizitätszahl $I_P = 46.9 \%$ Konsistenzzahl $I_C = 0.97$ 

Bericht:
220081
Anlage:
3.3.1



Anlage 4: Chemische Laboruntersuchungen

Anlage 4.1 Analyse auf geogene Schwermetalle

Anlage 4.1.1 Analysebericht Nr. 442/10656 (1 Seite)

Anlage 4.1.2 Analysebericht Nr. 442/10657 (1 Seite)

Anlage 4.1.3 Analysebericht Nr. 442/10658 (1 Seite)

Anlage 4.1.4 Analysebericht Nr. 442/10659 (1 Seite)

Anlage 4.1.5 Analysebericht Nr. 442/10660 (1 Seite)

Anlage 4.1.6 Analysebericht Nr. 442/10661 (1 Seite)

Anlage 4.1.7 Analysebericht Nr. 442/10662 (1 Seite)

Anlage 4.1.8 Analysebericht Nr. 442/10663 (1 Seite)

Anlage 4.1.9 Analysebericht Nr. 442/10664 (1 Seite)

Anlage 4.1.10 Analysebericht Nr. 442/10665 (1 Seite)

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10656	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 01
 Probenbezeich. : 42/10656 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	88,1	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	16	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	28	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,3	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	57	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	42	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	26	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,06	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	42	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,51	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	25	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10657	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 02
 Probenbezeich. : 42/10657 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	88,0	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	22	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	217	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,15	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	47	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	11	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	20	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,03	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	43	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,60	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	14	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10658	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 03
 Probenbezeich. : 42/10658 Untersuch.-zeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	86,4	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	17	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	26	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,48	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	45	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	27	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	36	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,05	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	67	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,47	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	27	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10659	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 04
 Probenbezeich. : 42/10659 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	90,2	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	8	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	64	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,05	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	36	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	28	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	22	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,06	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	48	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,61	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	98	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10660	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 05
 Probenbezeich. : 42/10660 Untersuch.-zeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	84,8	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	44	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	28	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,57	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	126	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	17	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	58	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,06	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	62	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,52	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	48	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10661	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 06
 Probenbezeich. : 42/10661 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	87,8	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	17	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	14	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,3	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	39	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	22	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	25	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,12	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	36	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,67	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	16	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10662	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : MP 07
 Probenbezeich. : 42/10662 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	91,0	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	17	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	27	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,22	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	47	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	20	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	38	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,07	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	88	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	6,72	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	13	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10663	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : 6/1
 Probenbezeich. : 42/10663 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	92,8	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	18	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	39	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	< 0,05	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	58	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	16	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	30	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	58	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	8,18	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	9	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10664	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : 6/2
 Probenbezeich. : 42/10664 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	90,6	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	4,8	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	8,8	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	< 0,05	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	19	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	3,8	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	12	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	< 0,02	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	26	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	7,94	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	8	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen

Analysenbericht Nr.	42/10665	Datum:	31.08.2022
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : Geotechnik Aalen GmbH & Co.KG
 Projekt-Nr. : 220081
 Art der Probenahme : Mischprobe Art der Probe : Boden
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Entnahmedatum : 17.08.2022
 Probeneingang : 25.08.2022 Originalbezeich. : 8/3
 Probenbezeich. : 42/10665 Untersuchungszeitraum : 25.08.2022 – 31.08.2022

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	92,4	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	7,4	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	23	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	< 0,05	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	31	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	10	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	18	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	< 0,02	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	42	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser			EN 13657 :2003-01

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Eluatherstellung			DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[-]	7,49	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	19	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Zink	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01

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

Markt Rettenbach, den 31.08.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

**AKTENVERMERK NR. 01**

Datum: 24.10.2024

Bearbeiter: Dipl.-Geol. W. Höffner, M. Sc. S. Sprengholz

Projekt: 22 0081 Städtebauliches Konzept für das Gebiet „Steine“

In Aalen-Fachsenfeld

Anlass: Allgemeine Angaben zur Umsetzung von Geothermie im Baugebiet

Verteiler: Stadt Aalen, (kerstin.vees@aalen.de)

Ergänzend zu unserem geotechnischen Erschließungsgutachten sollen zum geplanten Erschließungsgebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld Angaben bzgl. der Nutzung von Geothermie zu Heizzwecken gemacht werden.

Das Erschließungsgebiet prinzipiell für den Bau oberflächennaher Erdwärmesonden geeignet. Eine geothermische Grundwassernutzung ist hingegen aufgrund fehlender oberflächennaher Grundwasservorkommen nicht möglich.

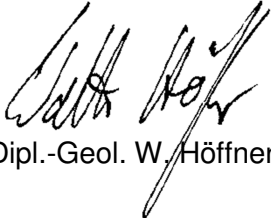
Bezüglich des Baus von Erdwärmesonden wurde beim Geoinformationssystem des Landesamt für Geologie-, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg eine Standortabfrage ausgeführt. Die Abfrage ist diesem Aktenvermerk als Anlage beigelegt. Die wesentlichen Punkte sind im Folgenden zusammengefasst:

- Das Erschließungsgebiet liegt demnach Außerhalb von ausgewiesenen Wasser- oder Heilquellenschutzgebieten.
- Die Bohrtiefe wird im Erschließungsgebiet auf dem Niveau der Basis der Grabfeld-Formation (Gipskeuper) beschränkt. Dieses Niveau wird bei ca. 230 m u. GOK angenommen und liegt somit deutlich unterhalb der üblichen Bohrtiefen von Erdwärmesonden.
- Ab Tiefen von rd. 107 m u. GOK (OK Mainhard-Formation) ist ein Antreffen von Sulfathaltigen Gesteinen möglich. Bohrungen sind beim Antreffen von Gips- oder Anhydrit zu beenden.
- Im Bereich Sulfathaltiger Gesteine ist mit Zementangreifenden Grundwasser zu rechnen.



- Größere Klüfte und Verkarstungserscheinungen können vorhanden sein.
- Am Standort ist gemäß VDI Richtlinie 4640 Blatt 2 eine effiziente geothermische Nutzung möglich.

für die Geotechnik Aalen GmbH & Co. KG



Dipl.-Geol. W. Höffner

Sachbearbeiter:



M. Sc. S. Sprengholz

Anlagen:

Anlage 1: Standortabfrage

Allgemeine Hinweise

Die folgenden Hinweise sind automatisch generiert und ungeprüft. Sie dienen der Information des Bauherren bzw. gegebenenfalls dessen Planungsbüros und der Bohrfirma. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass neben den aufgeführten auch bisher nicht bekannte Bohrrisiken im Zusammenhang mit dem Bau von Erdwärmesonden auftreten. Die aufgeführten Risiken und Schwierigkeiten sind bei Einhaltung der Auflagenempfehlungen, Beachtung der "Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (<http://www.um.baden-wuerttemberg.de>) und bei Ausführung der Bohrarbeiten nach dem Stand der Technik grundsätzlich beherrschbar.

Die Hinweise können eine sorgfältige Planung von Einzelvorhaben nicht ersetzen. Weitere Hinweise zum Bau von Erdwärmesonden sind im "Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden", 4. Auflage 2005 des UM zu finden (http://www.lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_-_Nutzung_von_Erdwaerme.pdf). Das RPF/LGRB ist bestrebt, dieses Informationssystem fortlaufend zu aktualisieren. Hierbei ist es auf Ihre Mithilfe angewiesen. Deshalb sind die Ergebnisse einer Erdwärmesondenbohrung (Bohrprofil, Grundwasserstand) an das RP Freiburg, Abt. 9, LGRB, Albertstr. 5, 79104 Freiburg zu schicken.

I Lage der geplanten Bohrung(en) hinsichtlich Grundwassernutzungen

Der gewählte Bohrpunkt liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015, ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete) AUSSERHALB von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Eine flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes durch das zuständige Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises ist erforderlich.

II Prognostisches Bohrprofil:

Das prognostische Bohrprofil kann der erweiterten Version des Informationssystems entnommen werden (gebührenpflichtig; Beispiele und Preisübersicht unter <http://www.geothermie-bw.de>).

Tiefe	Karsthohlräume und größere Spalten	Schwierigkeiten wegen sulfathaltigen Gesteins
0-100m	nicht zu erwarten	nicht zu erwarten
100-200m	möglich	möglich
200-234m	möglich	möglich

Zementangreifendes Grundwasser im gesamten Profil zu erwarten.

III Schutzziele und standortbezogene Bohrrisiken

III.1 ☒ Schutz genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen

- ☒ Beschränkung der Bohrtiefe auf 234 m (Basis Grabfeld-Formation + Sicherheitszuschlag), bei Erreichen von sulfathaltigem Gestein (Gipsspiegel) auf eine geringere Tiefe

Erläuterungen:

In der Grabfeld-Formation, sowie darunter im Unterkeuper und dem Oberen Muschelkalk sind häufig mehrere Grundwasserstockwerke mit unterschiedlichen Druckpotenzialen entwickelt. Um die Trennung der Grundwasserstockwerke zu erhalten und Schadensfälle (insbesondere Geländesetzungen) zu vermeiden, darf die Basis Grabfeld-Formation nicht durchbohrt werden.

- ☐ Beschränkung der Bohrtiefe auf m (Top Haßmersheim-Schichten + Sicherheitszuschlag) oder bei Betreuung der Bohrung(en) bis zum Top Haßmersheim-Schichten, der vor Ort durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) erkannt werden muss. Die Haßmersheim-Schichten dürfen nicht durchbohrt werden, solange nicht eine Beurteilung der lokalen geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) nachweist, dass die hydraulische Trennwirkung der Haßmersheim-Schichten im Planungsbereich aufgehoben ist.

Erläuterungen:

Die Haßmersheim-Schichten können am gewählten Bohrpunkt aufgrund ihrer faziellen Ausprägung den Oberen Muschelkalk in unterschiedliche Grundwasserstockwerke unterteilen.

- ☐ Beschränkung der Bohrtiefe aufgrund des Vorkommens leichtlöslicher Gesteine (Salz) auf m

Erläuterungen:

Die Lösung von Salz kann im Umfeld von Bohrungen zu Auswirkungen auf das Gebirge und darüber liegende genutzte/nutzbare Grundwasservorkommen führen.

III.2 ☒ Bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrundschäden wegen möglicher Karsthohlräume und/oder größerer Spalten im Untergrund (siehe Ziffer II)

- ☒ Abbruch der Bohrung(en) bei deutlichem Spülungsverlust (mehr als 2 l/s) sowie beim Anbohren von Hohlräumen größer 2 m Tiefe

Erläuterungen:

Ein Abbruch der Bohrung(en) kann erforderlich werden, da die Gefahr besteht, dass das Bohrloch nicht mehr wirksam abgedichtet oder durch einen unzureichenden Gebirgsanschluss die Effizienz der Erdwärmesonde herabgesetzt werden kann. Liegt die Verkarstung weniger als 50 m unter Geländeoberfläche, sind bohrbedingte Verbrüche mit Setzungen an der Erdoberfläche nicht auszuschließen.

III.3 ☒ Bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrundschäden wegen sulfathaltigen Gesteins im Untergrund bei Bohrtiefen größer 107 m möglich (Top Mainhardt-Formation + Sicherheitszuschlag) (siehe Ziffer II)

- ☒ Abbruch der Bohrung(en) beim ersten Auftreten von Gips oder Anhydrit im Bohrgut (= Gips- bzw. Anhydritspiegel) unterhalb des Top Mainhardt-Formation (Obere Bunte Mergel) bei 107 m (Top Mainhardt-Formation + Sicherheitszuschlag). Bei Bohrungen mit Bohrtiefen größer 107 m ist die fachtechnische Vor-Ort-Betreuung der Bohrung(en) durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) daher erforderlich. Wenn in sulfathaltiges Gestein unterhalb des Top Mainhardt-Formation (Obere Bunte Mergel) gebohrt wurde, müssen die Bohrung(en) von der Endtiefe bis 1 m über die Oberkante des sulfathaltigen Gesteins dauerhaft abgedichtet werden. Darüber können sie mit Erdwärmesonden ausgebaut werden.

Erläuterungen:

Beim Auftreten anhydrithaltiger Gesteine kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Funktionsfähigkeit der Erdwärmesonde(n) als Folge der Umwandlung von Anhydrit in Gips (Volumenzunahme) im Laufe der Zeit eingeschränkt wird bzw. verloren geht. In diesem Falle sind Geländehebungen durch Volumenzunahme bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips und hieraus resultierende Schäden, die auch über die unmittelbare Umgebung des Bohransatzpunktes hinaus reichen können, nicht auszuschließen. Die Tiefenlage des Gips-/Anhydritspiegels kann engräumig stark variieren bzw. die Sulfatgesteine können lokal vollständig ausgelaugt sein.

III.4 ☒ Zementangreifendes Grundwasser wegen sulfathaltigen Gesteins zu erwarten (siehe Ziffer II)

- ☒ Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (nach DIN EN197-1) erforderlich

Erläuterungen:

Zementangreifende Wässer können eine aus herkömmlichem Zement hergestellte Abdichtung schädigen.

III.5 ☐ Gasaustritte während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sowie nach Sondeneinbau möglich☐ Kohlendioxid☐ Erdgas

- ☐ Die Möglichkeit des Auftretens von Gasen und Gefährdungen durch Gasaustritte sind vor Aufnahme der Bohrarbeiten ordnungsgemäß durch den Bohrunternehmer oder die von ihm mit der Gefährdungsbeurteilung Beauftragten zu ermitteln und zu beurteilen. Auf dieser Grundlage sind Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen (z. B. Lüftung, gefahrlose Ableitung, Maßnahmen der Bohrlochbeherrschung, u.a., bei Erdgas auch Bohrlochverschlusseinrichtung und Explosionsschutz) vorzusehen und geeignete Arbeitsmittel bereitzustellen. Gegebenenfalls technisch nicht weiter zu vermindern Gasaustritte aus den fertig zementierten Bohrlöchern dürfen nicht zu Gefährdungen führen. Auf die zementangreifende Eigenschaft von freiem Kohlendioxid wird verwiesen.

Erläuterungen:

Bereits bei der Vorbereitung und Planung der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten bestehen gesetzlich (u. a. nach dem Arbeitsschutzgesetz) begründete Anforderungen, gegebenenfalls zu erwartende gefährliche Gaskonzentrationen zu vermeiden. Im späteren Betrieb der Sonde muss durch die technische Bauausführung der Anlage gewährleistet sein, dass schleichend austretende Gase (Migration) sich nicht in gefährlichen Konzentrationen ansammeln können; erforderlichenfalls sind sie gefahrlos ins Freie abzuführen.

III.6 ☐ Artesisch gespanntes Grundwasser möglich

- ☐ Beim Antreffen von artesisch gespanntem Grundwasser ist mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen, ob und wie eine Erdwärmesonde eingebaut werden kann oder ob das Bohrloch ohne Sondeneinbau dauerhaft abgedichtet werden muss.

Erläuterungen:

Beim Erbohren von artesisch gespanntem Grundwasser besteht die Gefahr unkontrollierter Austritte von Grundwasser an der Erdoberfläche. Außerdem kann es beim Anbohren von Artesern infolge Druckabbau und/oder Ausschwemmung von Feinmaterial aus dem Untergrund zu Setzungen im Umfeld der Bohrung(en) kommen.

IV Weitere Hinweise auf geotechnische Risiken:

Organische Böden: Sind organische Böden, z. B. Torf, verbreitet und werden diese durch die Bohrmaßnahme entwässert, kann dies zu Geländesetzungen führen.

Ölschiefer im Untergrund: Steht Ölschiefer der Posidonienschiefer-Formation (Unterjura) oberflächennah (< 20 m unter Gelände) an, neigt dieser bei Austrocknung (z. B. nach Überbauung, Drainage, Wärmeeintrag) zu teils erheblichen Baugrundhebungen in Folge von Gipskristallisation. Es ist daher sicherzustellen, dass weder die Bohrung(en) noch die Leitungsgräben der Erdwärmesonde(n) zu einer dauerhaften Veränderung des Bodenwasserhaushalts (Austrocknung) führen.

Rutschgefährdete Gebiete:

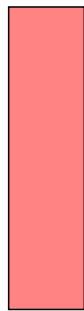
Befindet sich der Bohrplatz auf rutschanfälligen Untergrund, kann die Hangstabilität durch die Einrichtung des Bohrplatzes sowie durch die Bohrausführung, z. B. durch Bohrspülung, vermindert werden. Eine Beschädigung der Erdwärmesonde(n) durch Abscheren infolge von Kriechbewegungen ist nicht auszuschließen.

V Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter

Die Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und -geringleiter kann der erweiterten Version des Informationssystems entnommen werden (gebührenpflichtig; Beispiele und Preisübersicht unter <http://www.geothermie-bw.de>). Die Kenntnis darüber dient dazu, schon bei der Planung die erforderlichen Maßnahmen vorzusehen, die beim Bau der Erdwärmesonde einen unkontrollierten artesischen oder einen stockwerksübergreifenden Grundwasserfluss ausschließen und eine dauerhaft dichte Ringraumhinterfüllung sicherstellen (siehe "Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft). Dies ist zum Schutz des Grundwassers, aber auch des Bauherrn notwendig und vermeidet spätere Schäden.

VI Geothermische Effizienz

Am gewählten Bohrpunkt ist eine geothermische Nutzung mittels Erdwärmesonde



effizient

geringer effizient



effizient



höher effizient



Nach der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 kann ab einer spezifischen jährlichen Entzugsarbeit von 100 kWh/(m*a) von einer effizienten geothermischen Nutzung des Untergrundes ausgegangen werden. Der effiziente Bereich wurde nochmals bei 125 kWh/(m*a) unterteilt (höher effizient). Die spezifische jährliche Entzugsarbeit wurde in Anlehnung an die VDI-Richtlinie für eine Einzelanlage von 100 m Tiefe (bzw. bis zur erlaubten Bohrtiefe) und eine Jahresnutzungsdauer von 2400 Stunden aus dem prognostischen Bohrprofil abgeleitet.

Ausgegangen wird von einer Wärmepumpen-Heizleistung bis zu 30 kW, einem Einsatz ausschließlich im Heizbetrieb (i.d.R. einschließlich Warmwasser) und einer Verwendung von Doppel-U-Sonden mit DN 20, DN 25 oder DN 32 mm oder Koaxialsonden mit mindestens 60 mm Durchmesser.

Ungenauigkeiten der Einschätzung können u.a. auf Unsicherheiten bezüglich der für die Berechnung angenommenen geologischen Verhältnisse am Standort beruhen.

VII Hinweise zur Antragstellung

Alle Vorhaben zum Bau von Erdwärmesonden müssen der zuständigen Unteren Verwaltungsbehörde (dem Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises) angezeigt werden. Die zuständige Untere Verwaltungsbehörde prüft dann das Vorhaben und leitet das wasserrechtliche Erlaubnisverfahren ein.

Soll die Erdwärmesondenbohrung mehr als 100 Meter in den Untergrund eindringen, ist eine rechtzeitige Anzeige (spätestens zwei Wochen vor Beginn) nach Bergrecht erforderlich. Im Einzelfall kann die Bohrung betriebsplanpflichtig sein. Ist die Erschließung und Nutzung der Erdwärme unter Inanspruchnahme mehrerer Grundstücke vorgesehen, sind Gestattungen und Betriebspläne nach Bergrecht erforderlich. Zuständige Bergbehörde in Baden Württemberg ist die Landesbergdirektion beim Regierungspräsidium Freiburg. Bei Erdwärmesondenvorhaben, bei denen die Bergbehörde für das Genehmigungsverfahren zuständig ist, vermittelt die Landesbergdirektion die wasserrechtlichen Belange im Einvernehmen mit der Unteren Verwaltungsbehörde.

Zusätzlich ist bei Bohrungen tiefer 100 m eine Prüfung nach dem Standortauswahlgesetz erforderlich. Diese erfolgt durch die zuständige Wasser- oder Bergbehörde ggf. im Einvernehmen mit dem Bundesamt für technische Entscheidungssicherheit.

Unabhängig von vorstehenden wasserrechtlichen und bergrechtlichen Belangen muss vom Bohrunternehmer jede Erdwärmesondenbohrung nach § 4 Lagerstättengesetz dem RPF/LGRB, als zuständiger geowissenschaftlicher Fachbehörde, spätestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten angezeigt werden.

**AKTENVERMERK NR. 01**

Datum: 17.05.2024

Bearbeiter: Dipl.-Geol. W. Höffner / M. Sc. angew. Geow. L. Fajardo

Projekt: 24 0190

Anlass: Erschließung Baugebiet „Steine“ in AA-Fachsenfeld

Verteiler: Stadt Aalen, (kerstin.vees@aalen.de)

Die Stadt Aalen plant die Erschließung des Baugebiets „Steine“ in Aalen-Fachsenfeld. Eine Übersicht über die Ortslage der Baumaßnahme gibt der Lageplan auf der Anlage 1.1.

Auf Grundlage unseres Kostenangebots vom 03.04.2024 sollen zum geplanten Erschließungsgebiet „Steine“ in Aalen-Fachsenfeld Angaben über die Möglichkeit der Nutzung von Geothermie für Heizzwecke hinsichtlich der generellen Genehmigungsfähigkeit, mögliche Bohrtiefe für Erdwärmesonden sowie eine Vordimensionierung zur Deckung einer Heizlast von 10 kW bis 40 kW gemacht werden.

Nach Onlineauskunft des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden – Württemberg stehen im Erschließungsgebiet die Obtususton-Formation, die Arietenkalk-Formation, die Angulatussandstein-Formation, die Psilonotenton-Formation des unteren Schwarzzuras sowie im östlichen Randbereich des Gebiets die Trossingen-Formation (Knollenmergel) des mittleren Keupers an.

Prinzipielle Genehmigungsfähigkeit und Bohrtiefe der Erdwärmesonden

Das Gelände liegt nach dem Online-Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten.

Nach einer ersten Anfrage beim Online-Portal des Landesamts für Geologie und Rohstoffe (ISONG) zur prinzipiellen Genehmigungsfähigkeiten der Erdwärmesondenbohrungen könnte am Standort der Erschließung unterhalb der Top Heilbronn-Formation bei ca. 102 m (Top Heilbronn-Formation + Sicherheitszuschlag) mit Gips- oder Anhydrit gerechnet werden.

Gemäß den Vorgaben in Baden-Württemberg sind die Bohrungen beim ersten Auftreten von Gips bzw. Anhydrit abzubringen. Bei Bohrungen mit Bohrtiefen größer als ca. 102 m ist daher die fachtechnische Vor-Ort-Betreuung durch einen in der regionalen Geologie erfahrenen Geowissenschaftler erforderlich.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist die Tiefenangabe bei ISONG mit einem Sicherheitszuschlag belegt. Anhand des prognostizierten Schichtenprofils gehen wir von einer Bohrtiefe für die Erdwärmesonden bei der fachtechnischen Vor-Ort-Betreuung der Bohrarbeiten bis 120 m bzw. ca. 351 mNN bis zum Top der Heilbronn-Formation für das Baugebiet „Steine“ aus.

Ein prognostiziertes Bohrprofil und der Ausbau der Erdwärmesonde bis 120 m können der Anlage 2.1 entnommen werden.

Vordimensionierung einer Erdwärmesondenanlage

Wir haben basierend auf einer Heizlast von 10 kW und 40 kW sowie einer Bohrtiefe bis 120 m eine Erdwärmesondenanlage mittels EDV-gestützter Untergrundmodellierung vordimensioniert.

Bei einer Heizleistung der Wärmepumpe von 10 kW und 40 kW und einer Annahme von 2.400 Jahresarbeitsstunden wird eine Jahresenergie von rd. 24.000 bzw. 96.000 kWh abgeschätzt. Diese Annahmen müssten ggf. im Rahmen einer weiteren Planung einer Wärmeversorgung mittels Erdwärmesonden durch einen Fachplaner (HLS) verifiziert werden und die Dimensionierung angepasst werden.

Bei den angenommenen Untergrundparameter (Wärmeleitfähigkeit, mittlere Untergrundtemperatur und Übergangswiderstand Erdwärmesondenbohrung/Untergrund), einer Bohrtiefe von 120 m sowie einem angenommenen Energieansatz und einem angenommenen horizontalen Abstand zwischen den Sonden von 12 m werden überschlägig zwei Erdwärmesonden für die Abdeckung der Heizlast von 10 kW und acht Erdwärmesonden für die Abdeckung von 40 kW erforderlich.

Somit kann für das Baugebiet eine Entzugsleistung von ca. 30 W*m angenommen werden. Hierbei wurde eine Anordnung der Sonden in einer Linie angenommen. Bei anderer Anordnung könnte aufgrund thermischer Beeinflussung zwischen den Sonden eine niedrigere Entzugsleistung erwartet werden.

Ein Mindestabstand zu angrenzenden Flurstücken bzw. zur Mitte der Straße bei angrenzenden Straßen von 5 m muss bei der Anordnung von Erdwärmesondenbohrungen berücksichtigt werden.

Wenn der Mindestabstand von 5 m zur Grundstücksgrenze nicht eingehalten wird, ist eine Einverständniserklärung der benachbarten Grundstückseigentümer erforderlich.

Bei Heizlasten größer 30 kW wird in der Regel empfohlen, die für die Dimensionierung der geothermischen Anlagen erforderlichen tatsächlichen Untergrundparameter mit einem sogenannten Thermal Response Test (TRT) zu ermitteln.

Für die Niederbringung der Bohrungen und die Errichtung und den Betrieb der Erdwärmesondenanlage ist beim Landratsamt Ostalbkreis, Geschäftsbereich Wasserwirtschaft, 73428 Aalen eine wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen.

Die Bohrungen sind zudem dem Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, anzuzeigen. Für Bohrungen mit einer Tiefe von mehr als 100 m ist grundsätzlich die Erteilung eines bergrechtlichen Freigabescheins ebenfalls erforderlich.

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

Für die Geotechnik Aalen GmbH & Co. KG



Dipl.-Geol. W. Höffner

Sachbearbeiter

M. Sc. angew. Geow. L. Fajardo

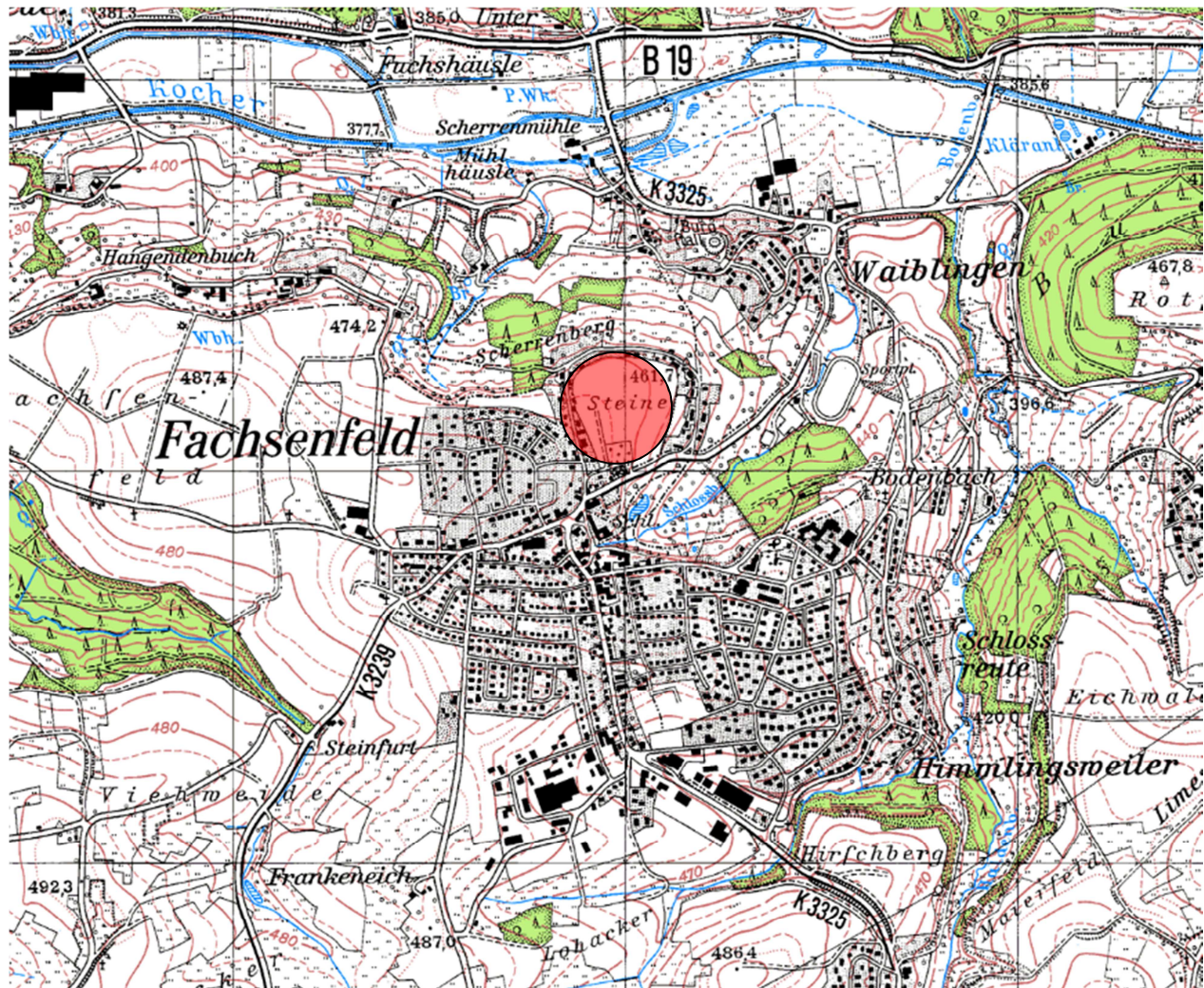
Anlagen:

Anlage 1 Übersichtlageplan

Anlage 2 Prognostiziertes Bohrprofil und Ausbau der Erdwärmesonden

ÜBERSICHTSLAGEPLAN

Plangrundlage: TK 25

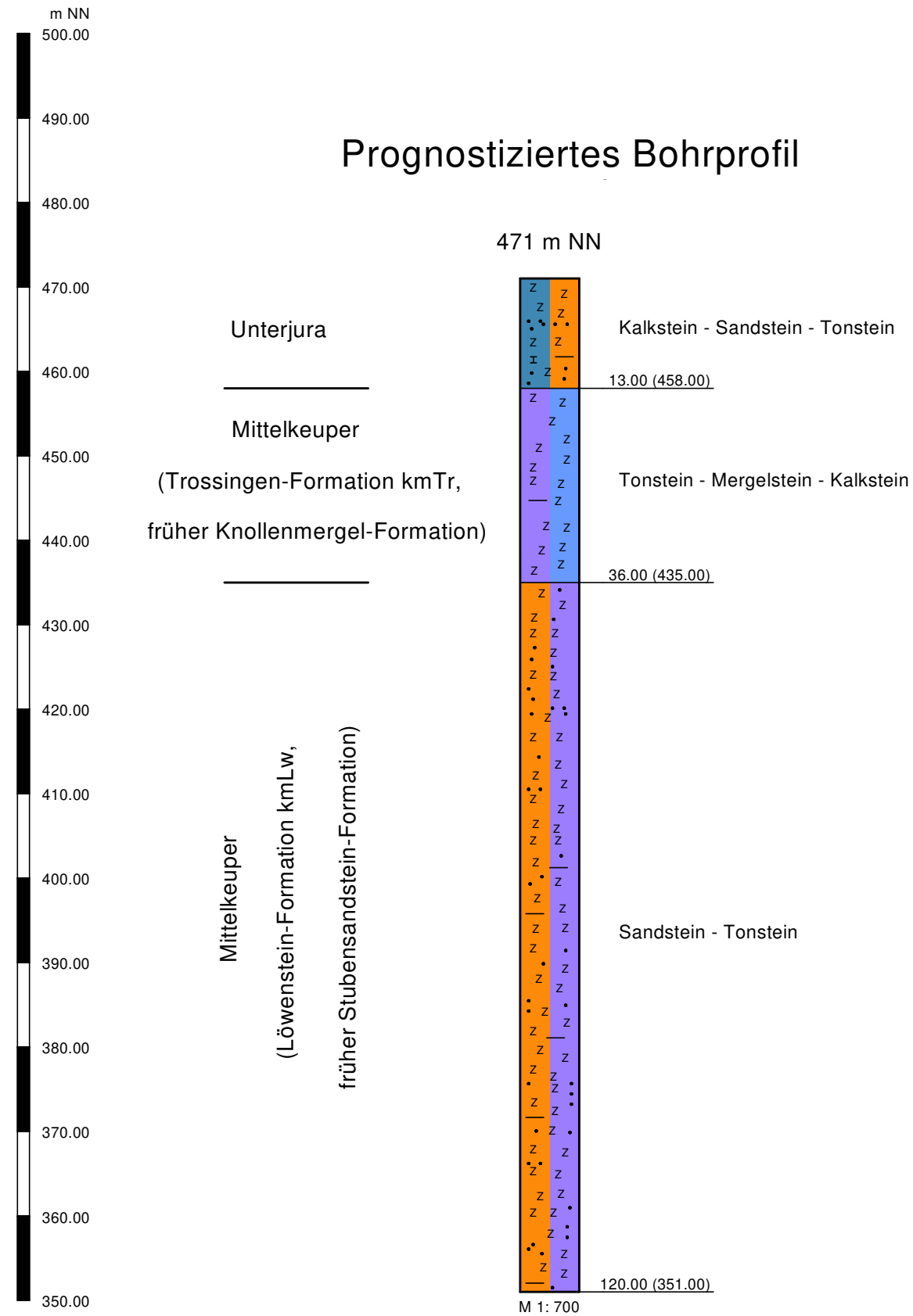


Legende:

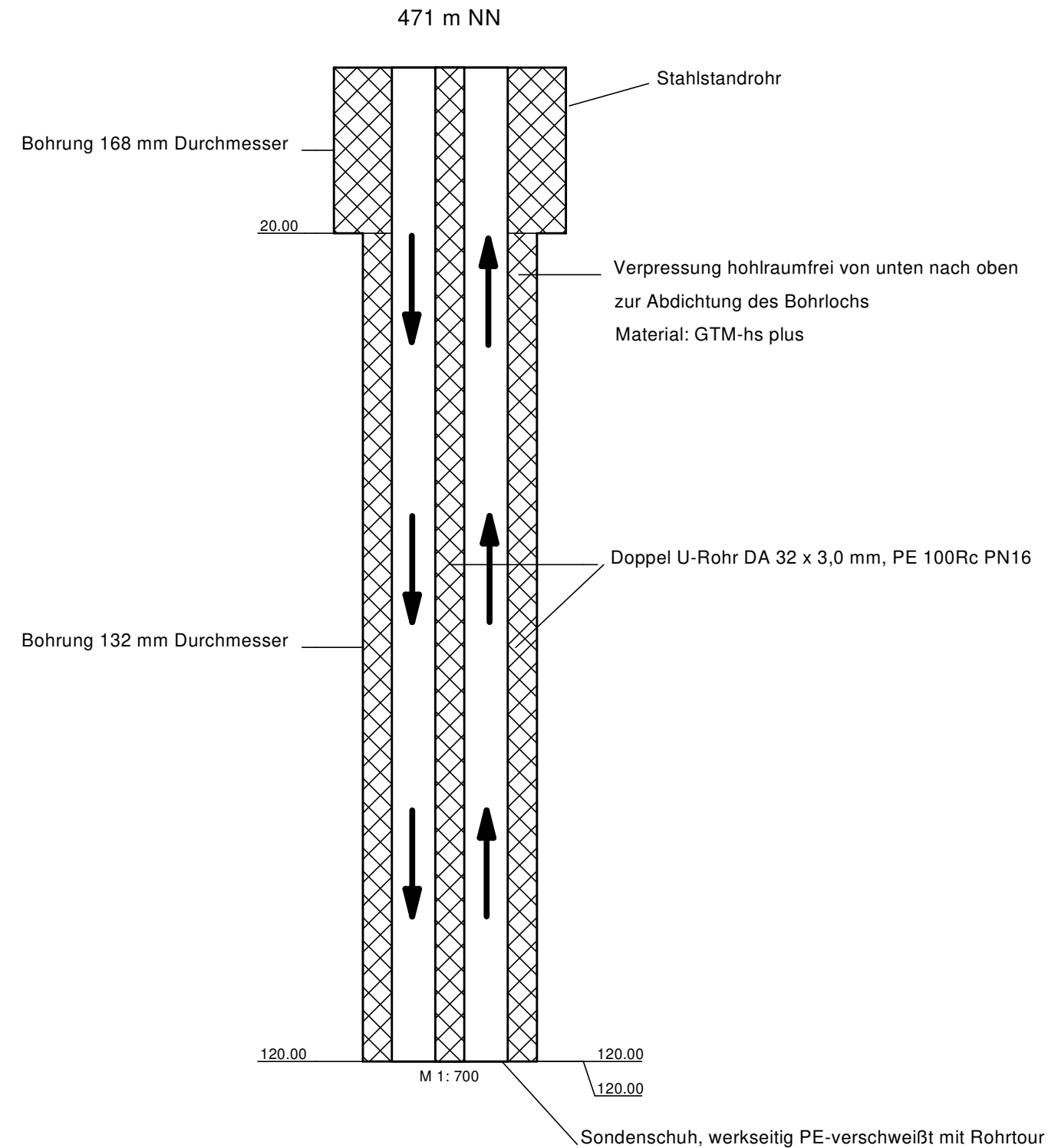
 Untersuchungsgebiet



Prognostiziertes Bohrprofil



Erdwärmesonde 1



Geotechnik Aalen GmbH & Co. KG

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen
www.geotechnik-aalen.de
0 73 61 / 94 06 0

NL Stuttgart
Talstraße 41
70188 Stuttgart
07 11 / 28 45 618

NL Coswig (Anhalt)
Pülziger Straße 5
06869 Coswig (Anhalt)
034 923 / 701 0



Erd- und Grundbau
Grundbaustatik
Messtechnik
Ingenieurgeologie
Hydrogeologie
Geothermie
Altlasten
Gebäudeschadstoffe
SiGeKo

info@geotechnik-aalen.de

GEOTECHNISCHES GUTACHTEN

Titel: Erschließung Baugebiet Steine in Aalen-Fachsenfeld,
Ergänzende Erkundungen

Auftraggeber: Stadt Aalen
Marktplatz 30
73430 Aalen

Datum: 26.02.2025

Az.: 240190 be01 hö/sp

Verteiler: Stadt Aalen

pdf

Inhalt

1	VORGANG	4
2	LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION	4
3	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
4	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN	6
4.1	Schichtenaufbau des Untergrundes	6
4.2	Grundwasserverhältnisse	7
4.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
4.4	Chemische Laboruntersuchungen	9
4.4	Homogenbereiche	10
4.5	Erdstatische Kennwerte	11
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN	12
5.1	Bewertung des Rutschungsrisikos	12
5.1.1	Nördliche Grenze des Erschließungsgebiets	12
5.1.2	Östliches Erschließungsgebiet	13
5.2	Weitere Georisiken	14
5.2.1	Schwinden- und Quellen toniger Verwitterungsböden	14
5.2.2	Ölschieferhebungen in der Arietenkalk-Formation	15
5.3	Empfehlungen im Hinblick auf Georisiken	15
6	SCHLUSSBEMERKUNGEN	16



ANLAGEN

Anlage 1

Pläne

Anlage 1.1

Übersichtslageplan, M 1:25.000

Anlage 1.2

Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:1.500

Anlage 2

Ergebnisse der örtlichen Erkundungen

Anlage 2.1 – 2.4

Schichtenprofile

Anlage 3

Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 4

Fotodokumentation

Anlage 5

Chemische Laboruntersuchungen

1 VORGANG

Die Stadt Aalen plant die Erschließung des Baugebiets Steine in Aalen-Fachsenfeld. Eine Übersicht über die Ortslage gibt der Lageplan der Anlage 1.1. Zu dem geplanten Erschließungsgebiet wurde durch die Geotechnik Aalen bereits ein geotechnisches Erschließungsgutachten /2/ erstellt. In einer Stellungnahme des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg zum geplanten Baugebiet /1/ wird darauf verwiesen, dass im Umfeld des geplanten Erschließungsgebietes Hinweisflächen für Massenbewegungen vorliegen. Zum besseren Verständnis der Hangstabilität im und im Umfeld des Untersuchungsgebiets wurde die Geotechnik Aalen von der Stadt Aalen beauftragt, eine ergänzende geotechnische Erkundung durchzuführen. Grundlage für die Beauftragung war unser Angebot Nr. 240190 vom 03.04.2024.

Zur Bearbeitung des Projekts lagen folgende Planunterlagen vor:

- /1/ Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Stellungnahme, Aktenzeichen 2511//2302592, Freiburg vom 05.07.2023
- /2/ Erschließungsgutachten, AZ 220081be01, Geotechnik Aalen, Aalen vom 17.10.2022
- /3/ Städtebauliches Konzept, M. 1:1000, Project GmbH, Esslingen vom 18.12.2024

2 LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION

Das Erschließungsgebiet liegt im Nordosten von Aalen-Fachsenfeld. Im Westen, Norden und Osten wird es von der Scherrenbergstraße und im Süden von der Waiblinger Straße begrenzt. Es umfasst ganz bzw. anteilig die Flurstücke 98/1, 98/29, 98/34 und 98/35. Die Flächen unterliegen derzeit einer landwirtschaftlichen Nutzung als Ackerflächen und Grünland. In der Fläche ist das Gelände im Erschließungsgebiet relativ eben. An den Rändern des Gebiets fällt das Gelände nach Norden und Osten hin ab.

Nach Onlineauskunft des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden – Württemberg stehen im Erschließungsgebiet die Obtususton-Formation, die Arietenkalk-Formation, die Angulatussandstein-Formation, die Psilonotenton-Formation des unteren Schwarzzuras, sowie im östlichen Randbereich des Gebiets die Trossingen-Formation (Knollenmergel) des mittleren Keupers an.

Die Obtususton-Formation wird dabei aus dunkelgrauen Tonsteinen aufgebaut. Die Arietenkalk-Formation besteht aus bankigen Kalksteinen mit Zwischenlagen aus Tonmergelstein. Die Angulatussandstein-Formation besteht aus braunen Sandsteinen welche mit dunkelgrauen Tonsteinen

wechselgelagert sind und die Psilonotenton-Formation aus dunkelgrauen Tonsteinen in welche einzelne Sand- und Kalksteinlagen eingeschaltet sind. Die Trossingen-Formation wird aus markanten rotbraunen Tonsteinen aufgebaut.

Oberflächennahe wird das Festgestein von seinen Verwitterungsprodukten und lokal von den Goldshöfer-Sanden überlagert.

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Ergänzend zum bisherigen Untersuchungsumfang wurden im Randbereich des Baugebiets vier Kernbohrungen (KB 1 bis KB 4) bis in Tiefen von jeweils 20 m u. GOK ausgeführt und abschließend zu Inklinometermessstellen ausgebaut.

Die Bohrungen wurden per GPS nach Lage- und Höhe eingemessen. Die Lage kann dem der Anlage 1.2 beigefügten Lageplan entnommen werden.

Die durch die Bohrungen aufgeschlossenen Schichtenprofile wurden ingenieur- und umweltgeologisch aufgenommen und beprobt. Eine grafische Darstellung der Schichtenprofile kann der Anlage 2 entnommen werden. Eine Beschreibung des Untergrundes findet sich in dem Kapitel 4.1.

An charakteristischen Boden- und Gesteinsproben wurden in unserem bodenmechanischen Labor die natürlichen Wassergehalte, die Konsistenzgrenzen sowie die einaxiale Druckfestigkeit untersucht. Die Versuchsprotokolle sind in der Anlage 3 zusammengestellt. In Kapitel 4.3 sind die Ergebnisse zusammengefasst und bewertet.

Weiterhin wurden Bodenproben zur orientierenden chemischen Analyse an ein externes chemisches Labor übergeben. Die Analyseberichte sind in der Anlage 5 zusammengestellt. In Kapitel 4.4 sind die Analyseergebnisse zusammengefasst und bewertet.

4 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

4.1 Schichtenaufbau des Untergrundes

Oberboden

Die Dicke des Oberbodens liegt an den Ansatzpunkten der Kernbohrungen zwischen rd. 20 – 50 cm.

Hanglehme und Deckschichten

Unterhalb des Oberbodens wurden in sämtlichen Kernbohrungen zunächst quartäre Deckschichten und Hanglehme angetroffen. Die Böden bestehen dabei vorwiegend aus Schluff-Ton-Gemischen sowie aus schluffigen, Tonen, welche jeweils wechselnde Kiesanteile beinhalten. Die Kiese bestehen dabei jeweils aus kantigem Sandsteinmaterial. Die Konsistenz der Hanglehme und Deckschichten wurde im Gelände mit weich, steif und halbfest angesprochen.

Unterer Schwarzhura

In den Bohrungen KB 1 bis KB 3 folgt unterhalb der Deckschichten in unterschiedlichen Verwitterungsgraden die anstehende Angulatensandstein- und Psilonotenton-Formation. Die vorwiegend dunkelgrauen Tonsteine dieser Einheiten sind stark verwittert und teilweise bereits vollständig plastifiziert. Im plastifizierten Zustand wurde ihre Konsistenz im Gelände mit steif, halbfest, steif-halbfest angesprochen. In den Tonsteinen sind einzelne einige Dezimeter dicke Sandsteinbänke eingeschaltet, welche ebenfalls stark verwittert sind und durch die Bohrarbeiten zu Sand und Kiesen aufgearbeitet wurden.

Trossingen-Formation

An den Schwarzhura anschließend beziehungsweise in der Bohrung KB 4 direkt unterhalb der Deckschichten folgt die Trossingen-Formation (Knollenmergel). In der Bohrung KB 3 liegt die Schichtgrenze deutlich unterhalb des Niveaus der Bohrungen KB 1 und KB 2, was gegebenenfalls auf ein Umlagern der oberflächennahen Schichten im Rahmen historischer Rutschungen hindeutet. Die Trossingen-Formation ist oberflächennah vorwiegend plastifiziert und liegt als Schluff-Ton-Gemische mit weich-steifen, steifen, halbfesten und halbfesten-festen Konsistenzen vor. Zur Tiefe hin ist die Trossingen-Formation weniger stark verwittert und liegt als massiger rotbrauner bis violetter und lokal blaugrauer Tonstein ohne erkennbare Schichtung vor, in welchem einzelne Kalksteinkiese eingeschaltet sind. Lokal wurden in den Tonsteinen fossile Harnischflächen angetroffen, welche auf historische Hangbewegungen hindeuteten.

Die Tonsteine weisen dabei nur geringe, sehr mürbe Gesteinsfestigkeiten auf.

Löwenstein-Formation

In den Bohrungen KB3 und KB4 wurde auf die Trossingen-Formation folgend die Löwenstein-Formation angetroffen. Die Formationsgrenze wird hier durch das Antreffen der erste Sandsteinlage markiert. Das aufgeschlossene Gestein der Löwenstein-Formation besteht vorwiegend aus massigen braunen, grauen Sandsteinen in welche einzelne dünne Tonsteinlagen eingeschaltet sind. Die Gesteinsfestigkeit wurde mit mürb angesprochen.

In der folgenden Tabelle sind die im Rahmen der Bohrungen erkundeten Schichtgrenzen zusammengefasst.

Aufschluss	Ansatzhöhe [m NN]	UK Deckschichten [m NN]	Grenze Schwarzjura/ Trossingen-Formation [m NN]	Grenze Trossingen-Formation/ Löwenstein-Formation [m NN]
KB 1	470,40	468,70	462,70	nicht aufgeschlossen (< 450,40)
KB 2	466,99	464,79	462,39	nicht aufgeschossen (< 446,99)
KB 3	465,21	461,31	(459,81) ¹⁾	446,51
KB 4	461,58	458,58	nicht aufgeschlossen	446,68

¹⁾ Schichten wurden vermutlich umgelagert

[Tab. 1: Schichtgrenzen]

4.2 Grundwasserverhältnisse

Die Tonsteine des unteren Schwarzjuras und der Trossingen-Formation weisen in der Regel Durchlässigkeitsbeiwerte in Größenordnungen von $k_f = 10^{-7} - 10^{-10}$ m/s und wirken somit als Grundwasserstauer. Größere Durchlässigkeiten sind gegebenenfalls im Bereich von Störungsflächen möglich.

Die Sandsteine des unteren Schwarzjuras und der Löwenstein-Formation weisen hingegen in Abhängigkeit von ihrer Klüftung deutlich höhere Durchlässigkeiten auf und können lokale Kluftaquifere bilden.

Während der Bohrarbeiten wurden einzelne Schichtwasserhorizonte angetroffen. Das angetroffene Wasser war teilweise gespannt, was zu einem deutlichen Anstieg im Bohrloch führte. Nach Ende der Bohrarbeiten wurden jeweils der Wasserspiegel im Bohrloch eingemessen. In der folgenden Tabelle sind die erkundeten Wasserstände zusammengefasst.

Bohrung	Wasser beim Bohren angetroffen		geol. Einheit des Wasserzutritts	Wasser nach Bohrende eingemessen	
	[m u. GOK]	[m NN]		[m u. GOK]	[m NN]
KB 1	5,00	465,40	Sandsteinbank Schwarzjura	4,56	465,84
	7,60	462,80	Grenze Schwarzjura /Trossingen-Fm.		
KB 2	keine Wasserzutritte festgestellt				
KB 3	keine Wasserzutritte beim Bohren festgestellt		vermutlich. Löwenstein-Fm.	3,41	461,80
KB 4	6,50	455,08	Trossingen-Fm.	1,95	459,63

[Tab. 2: Grundwasserstände am jeweiligen Bohrtermin]

4.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Natürliche Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1

An vierzehn Proben der anstehende Böden wurden der natürliche Wassergehalt bestimmt. Die Versuchsprotokolle können der Anlage 3.1 entnommen werden.

Die Wassergehalte der Deckschichten und Hanglehme liegen dabei zwischen 15,1 – 23,4 M.-% und die Wassergehalte der Trossingen-Formation zwischen rd. 12,8 – 32,0 M.-%

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

An sieben Proben der bindigen Böden wurden die Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenzen) ermittelt. Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Das vollständige Versuchsprotokoll kann der Anlage 3.2 entnommen werden.

Probe	Wassergehalt [M.-%]	Fließgrenze [%]	Ausrollgrenze [%]	Plastizitätszahl [%]	Bodengruppe nach DIN 18196	Konsistenzzahl /Konsistenz
1/2	19,8	45,3	20,3	25,0	TM	1,02/halbfest
1/8	19,9	50,8	28,5	22,3	TA/UA	1,38/halbfest
2/5	19,1	56,6	26,2	30,4	TM	1,24/halbfest
3/1	15,1	38,3	18,6	19,7	TM	1,18/halbfest
3/5	22,8	62,6	28,99	33,7	TA	1,18halbfest
4/1	23,4	45,1	19,9	25,2	TM	0,86/steif
4/5	19,9	52,1	26,2	25,9	TA	1,24/halbfest

[Tab. 3: Zustandsgrenzen]

Ermittlung der Einaxialen Druckfestigkeit

An acht Bohrkernstücken des Festgesteins wurde nach DIN 17892-7 die einaxiale Druckfestigkeit ermittelt. Die wesentlichen Ergebnisse der Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die vollständigen Versuchsprotokolle können der Anlage 3.3 entnommen werden.

Probe	Tiefe [m u. GOK.]	Gestein/ Geol. Einheit	Einaxiale Druckfestigkeit q_u [N/mm ²]	Bezeichnung nach DIN1054, Kapitel 6.10.4
KB 1/10	13,0 – 13,2	Tonstein/ Trossingen-Fm.	0,376	sehr mürb
KB 1/12	16,2 – 16,4	Tonstein/ Trossingen-Fm.	0,566	sehr mürb
KB 2/11	14,4 – 14,5	Tonstein/ Trossingen-Fm.	0,323	sehr mürb
KB 2/14	19,1 – 19,3	Tonstein/ Trossingen-Fm.	0,584	sehr mürb
KB 3/11	16,5 – 16,6	Tonstein/ Trossingen-Fm.	0,255	sehr mürb
KB 3/14	19,5 – 19,7	Sandstein/ Löwenstein-Fm.	4,15	mürb
KB 4/13	15,3 – 15,5	Sandstein/ Löwenstein-Fm.	1,958	mürb
KB 4/15	19,2 – 19,4	Sandstein/ Löwenstein-Fm.	2,628	mürb

[Tab. 4: Ergebnisse Einaxiale-Druckversuche und Punktlastversuche]

4.4 Chemische Laboruntersuchungen

Bodenproben der oberflächennahen Schichten wurden zur orientierenden chemischen Analytik an das akkreditierte Labor der Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik GmbH in Markt Rettenbach übergeben. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Probenzusammenstellung und den Umfang der durchgeführten Analytik.

Laborprobe	Einzelproben	Probenart	Analytik Umfang	Analysebericht Nr.
MP01	1/1, 1/2, 1/3, 1/4	Deckschichten	ErsatzbaustoffV BM-0	442/18413
MP02	2/1, 2/2		ErsatzbaustoffV BM-0	442/18414
MP03	3/1, 3/2		ErsatzbaustoffV BM-0	442/18415
MP04	4/1, 4/2		ErsatzbaustoffV BM-0	442/18416

[Tab. 5: Probenzusammenstellung und Umfang der Analytik]

Die vollständigen Analyseberichte können der Anlage 5 entnommen werden.

Bei den Proben MP01, MP02 und MP03 kam es jeweils zu keiner Überschreitung der Materialwerte für die Materialklasse BM-0 Lehm/Schluff. Die untersuchten Proben können somit jeweils der Materialklasse BM-0 Lehm/Schluff zugeordnet werden.

Bei der Probe MP04 wurden mit einem Arsengehalt von 35 mg/kg TS, einem erhöhten Bleigehalt von 72 mg/kg TS sowie eines erhöhten Chrom-Gehalt von 71 mg/kg TS jeweils die Grenzwerte für BM-0 Lehm/Schluff-Material überschritten. Aufgrund des erhöhten Arsen-Gehalts ist die Probe voraussichtlich der Materialklasse BM-F0* zuzuordnen. Für eine eindeutige Zuordnung wären jedoch ergänzende Eluatanalysen erforderlich.

Wir verweisen darauf, dass es sich bei den hier aufgeführten Analyseergebnissen um orientierende Analysen handelt. Für die letztendliche Verwertung des Materials sind hinsichtlich des vorgesehenen Verwertungsweges entsprechende Beprobungen und Analysen vorzunehmen. Hierfür sind in der Regel Haufwerke zu bilden und gemäß LAGA PN98 zu beproben.

4.4 Homogenbereiche

Folgende Homogenbereiche werden für die Schichten gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten festgelegt:

Homogenbereich	H I:	grobkörnige Verwitterungsböden
	H II:	bindige Deckschichten und Verwitterungsböden
	H III:	Festgestein Schwarzjura
	H IV:	Festgestein Trossingen-Formation

Parameter	Homogenbereich	
	H I	H II
ortsüblichen Bezeichnung	grobkörnige Verwitterungsböden	bindige Verwitterungsböden
Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4	Keine Korngrößenverteilung ermittelt	Keine Korngrößenverteilung ermittelt
Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	< 20 M.-%	< 10 M.-%
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	1,9 – 2,2 g/cm ³	1,8 – 2,0 g/cm ³
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2	bei nicht bindigen Böden nicht relevant	40 – 250 kN/m ²
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	5 – 15 M.-%	10 – 35 M.-%
Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12	bei nicht bindigen Böden nicht relevant	20 - 47 %
Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12	bei nicht bindigen Böden nicht relevant	0,5 – 1,5
Lagerungsdichte nach DIN 18126	locker bis mitteldicht	bei bindigen Böden nicht relevant
organischer Anteil nach DIN 18128	< 1 M.-%	< 3 M.-%
Bodengruppen nach DIN 18196	SU, SU*, GU, GU*	TM, TA

[Tab. 6: Homogenbereiche Lockergestein]

Parameter	Homogenbereich	
	H III	HIV
Ortsübliche Bezeichnung	Angulatensandstein, Pylonotenton, unterer Schwarzhura, (Sandstein, Tonmergelstein)	Knollenmergel
Benennung nach DIN EN ISO 14689-1	genetische Einheit: Sedimentgestein geologische Textur: geschichtet, Korngröße: < 2µm – 63 µm mineralische Zusammensetzung: Quarz, Tonminerale, Calcit Poren und Hohlraumanteil: keine ausgeprägten Hohlräume	genetische Einheit: Sedimentgestein geologische Textur: massig Korngröße: < 2µm – 63 µm mineralische Zusammensetzung: Tonminerale, Quarz, Calcit Poren und Hohlraumanteil: keine ausgeprägten Hohlräume
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	2,1 – 2,6 g/cm ³	2,1 – 2,5 g/cm ³
Verwitterung, Veränderung und Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	Verwitterung: angewittert bis verwittert Veränderlichkeit: wenig veränderlich (Sandstein) veränderlich (Tonmergelstein)	Verwitterung: angewittert bis verwittert Veränderlichkeit: stark veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	1,25 – 50 MN/m ²	0,2 – 1,25 MN/m ²
Trennflächenabstand nach DIN EN ISO 14689-1	sehr eng bis mittelständig, 20 – 600 mm	weitständig bis sehr weitständig 600 – >2000 mm
Trennflächenrichtung, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	Trennflächenrichtung: annähernd horizontal Gesteinskörperform: tafelförmig,	Trennflächenrichtung: annähernd horizontal Gesteinskörperform: tafelförmig,

[Tab. 7: Homogenbereich Festgestein]

4.5 Erdstatische Kennwerte

Anhand unserer Erfahrung sowie entsprechenden Literaturangaben können den relevanten Baugrundsichten folgende charakteristischen erdstatischen Kennwerte zugewiesen werden:

Schichtbereich	Wichte [kN/m ³]		Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Steifemodul [MN/m ²]
	γ	γ'	φ'_k	c'_k	$E_{s,k}$
Deckschichten und Schwarzhura					
- bindig, weich	19	9	22,5	3 – 5	2 – 4
- bindig, steif	20	10	22,5	5 – 10	4 – 8
- bindig, halbfest	20	10	22,5	10 – 15	8 – 12
- grobkörnig	20	10	32,5	0 – 1	30 – 40
- Tonstein, sehr mürb	22	12	25	20	30
- Sandstein	23	13	>25	>25	>100
Trossingen-Formation					
- bindig, weich	20	10	15	2 – 3	2 – 4

- bindig, steif	20	10	17,5	5	4 – 8
- bindig, halbfest	20	10	17,5	10	8 – 12
- Tonstein, sehr mürb	22	12	20	15	25
Löwenstein-Formation					
Sandstein, mürb	23	13	>25	>25	>100

[Tab. 8: charakteristische erdstatische Kennwerte]

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 Bewertung des Rutschungsrisikos

5.1.1 Nördliche Grenze des Erschließungsgebiets

Gemäß der Stellungnahme des geologischen Landesamtes /1/, befinden nördlich des Erschließungsgebiets mehrere vermutete Rutschungen. Die Lage der vermuteten Rutschungsbereiche kann dem Lageplan 1.1 entnommen werden. Das eigentliche Erschließungsgebiet grenzt im Norden unmittelbar an diese Bereiche an. Das Gelände im Erschließungsgebiet ist vorwiegend relativ eben. An der nördlichen Grenze hin zu dem vermuteten Rutschungsgebiet fällt das Gelände mit einer ausgeprägten Hangkante und einer Neigung von bis zu rd. 25° um mehrere Meter ab. Gemäß der Geologischen Karte und auch gemäß dem Ergebnis der Erkundungsbohrungen aus diesem Bereich, liegt in etwa an der Unterkante der Böschung die Schichtgrenze zwischen dem Schwarzjura und der unterlagernden Trossingen-Formation. Bei der visuellen Begutachtung der Hangkante fällt westlich des Gebäudes Scherrenbergstraße 36 eine ausgeprägte Ausbiss-Struktur auf. Die Hangkante weist hier eine deutlich versteilte Böschungsneigung auf. Die im Bereich der Böschung wachsenden Obstbäume sind teilweise verkippt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich bei dieser Struktur um eine historische Rutschung handelt. Jedoch können auch anthropogene Eingriffe in die Landschaft als mögliche Ursache nicht ausgeschlossen werden. Auf historischen Luftbildern aus den 1960er Jahren ist die Struktur bereits vorhanden, sodass es sich auf jeden Fall um kein aktuelles Ereignis handelt.

Der Ansatzpunkt der Bohrung KB 1 liegt oberhalb der beschriebenen Ausbissstruktur. In der Bohrung wurden im Bereich von Sandsteinbänken des Schwarzjuras sowie an der Schichtgrenze zwischen dem Schwarzjura zur unterlagernden Trossingen-Formation jeweils Schichtwasserhorizonte angetroffen. Bei einem sukzessiven Aufweichen des Tonsteins kann es insbesondere im Bereich der Schichtgrenze zur Ausbildung von Gleitflächen und in der Folge zu einem Abrutschen einzelner Schwarzjuraschollen im Bereich der Hangkante kommen. Ein entsprechender Prozess würde auch die Ausbildung der im Gelände zu beobachtenden Ausbissstruktur erklären. Erfahrungsgemäß umfassen entsprechende Rutschungsereignisse nur den unmittelbaren Hangkantenbereich. Sofern ein



ausreichender Abstand zwischen Hangkante und geplanter Bebauung eingehalten wird, besteht in der Regel kein Risiko für die geplante Bebauung bzw. wirkt sich die Bebauung nicht nachteilig auf die Hangstabilität aus. Gemäß dem derzeitigen Städtebaulichen Entwurf beträgt der Abstand zwischen der Hangkante und der geplanten Bebauung ≥ 10 m, was im Hinblick auf die Hangstabilität als ausreichend zu bewerten ist. Um einer potentiellen Destabilisierung des Hanges entgegen zu wirken sollte jedoch generell auf das Versickern von Oberflächenwasser bzw. auf ein konzentriertes zuleiten von Wasser in die Böschung verzichtet werden. Die Hangkante sollte regelmäßig begangen werden und auf mögliche Verformungen kontrolliert werden, auch sollte die installierten Inklinometer regelmäßig gemessen werden. Sofern sich im Bereich der Hangkante eine beginnende Rutschung abzeichnet, so kann diese in der Regel durch geeignete Sanierungsmaßnahmen stabilisiert werden.

Die ebenfalls im Umfeld der nördlichen Hangkante gelegene Bohrung KB 2 war aus geotechnischer Sicht unauffällig und trocken, sodass in diesem Bereich kein erhöhtes Rutschungsrisiko anzunehmen ist.

5.1.2 Östliches Erschließungsgebiet

Im östlichen/südöstlichen Randbereich des Erschließungsgebiets fällt das Gelände relativ gleichmäßig mit einem Gefälle von rd. 15° nach Osten bzw. Südosten ab. Gemäß der Stellungnahme des geol. Landesamtes /1/ wird dieser Hangbereich nicht als Rutschungsgefährdet eingestuft. Gemäß der geol. Karte verläuft hier jedoch die Grenze zur Trossingen-Formation, welche generell als Rutschungsanfällig zu bewerten ist. Weiterhin sind aus Häusern der unterliegenden Scherrenbergstraße zahlreiche Risssschäden bekannt, für welche unter anderen Massenbewegungen als mögliche Schadensursache angenommen werden. Beim Begehen des Geländes ergeben sich keine visuellen Hinweise auf mögliche Hangbewegungen.

Bei der in diesem Hangbereich ausgeführten Bohrung KB 4 wurden in den oberflächennahen Hanglehmen und der unterlagernden Trossingen Formation mehrere Weichschichten und stark gespanntes Schichtwasser festgestellt, welche generell als stark destabilisierende Faktoren für die Hangstabilität zu werten sind. Bei wesentlichen Eingriffen in das Hanggleichgewicht wie z. B. dem Aushub von Baugruben oder dem Errichten von Gebäuden und Aufschüttungen besteht bei den in der Bohrung KB 4 angetroffenen Untergrundverhältnissen ein hohes Risiko, dass es zu Rutschungen bzw. instabilen Baugrubenböschungen und damit einhergehend zu Schäden an der geplanten bzw. bereits bestehender Bebauung kommt. Eine Bebauung in diesem Baufeld ist nur mit erheblichen Mehraufwand durchführbar. Dies betrifft die Bereiche:

- Baugrubensicherung
- Tiefgründung des Gebäudes über Pfähle

- Sicherung von talseitigen Aufschüttungen über tief gegründete Stützbauwerke (z.B. Winkelstützmauern auf Pfählen)

Im Hinblick hierauf wird von einer Bebauung des in unmittelbarer Nähe der Bohrung KB 4 liegenden Baufeldes abgeraten. Bei den angrenzenden, bereits etwas höher gelegenen Grundstücken kann im Hinblick auf Aufschlüsse aus diesem Bereich mit günstigeren Untergrundverhältnissen gerechnet werden. Im Vorfeld der Bebauung sollten die Baufelder jedoch intensiven geotechnischen Erkundungen unterzogen werden, bei welchen insbesondere die Standsicherheit des Hanges und bauzeitlicher Böschungen zu bewerten sind.

Generell sollte auch hier bzw. im gesamten Baugebiet auf das Versickern von Oberflächenwasser verzichtet werden.

5.2 Weitere Georisiken

5.2.1 Schwinden- und Quellen toniger Verwitterungsböden

Das LGRB verweist in seiner Stellungnahme /1/ auf die Möglichkeit eines saisonalen Quellens und Schwindens der anstehenden tonigen Verwitterungsböden. Dieser Hinweis des LGRB ist aus gutachterlicher Sicht richtig und wichtig. Insbesondere aus der an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Scherrenbergstraße, welche bereits im Bereich der Trossingen-Formation (Knollenmergel) liegt sind zahlreiche Gebäudeschäden bekannt, für welche unter anderem austrocknungsbedingte Setzungen als Schadensursache anzunehmen sind.

Die Austrocknungsempfindlichkeit der im Erschließungsgebiet anstehenden Böden weist eine starke Varianz auf, sodass sie Gebäudespezifisch im Einzelfall zu bewerten ist. Generell ist für die anstehenden Festgesteine, sowie für grobkörnigen Verwitterungsböden keine erhöhte Schrumpfanfälligkeit anzunehmen. In den bindigen Verwitterungsböden des Schwarzzuras besteht erfahrungsgemäß lediglich eine moderate Austrocknungsempfindlichkeit.

Eine ausgeprägte Schrumpfanfälligkeit besteht hingegen für die bindige Verwitterungsböden der Trossingen-Formation und für Hanglehme in welchen anteilig Verwitterungsböden der Trossingen-Formation enthalten sind. So beinhaltet die Trossingen-Formation gem. Literaturangaben teilweise bis zu 40 M.-% an quellfähigen Tonmineralen.

Um Austrocknungsbedingten Schäden entgegen zu wirken wird generell empfohlen Gründungen auf ein möglichst austrocknungssicheres Gründungsniveau von > 2 m u. GOK zu führen. Weiterhin sollte beim Vorliegen von austrocknungsanfälligen Böden auf das Pflanzen von Bäumen in Bauwerksnähe verzichtet werden, bzw. sollte zwischen Bäumen und nahen gelegenen Bauwerken eine

Wurzelsperre errichtet werden um ein durch Wurzelwachstum verursachtes Austrocknen des Gründungshorizonts des jeweiligen Gebäudes zu vermeiden.

5.2.2 Ölschieferhebungen in der Arietenkalk-Formation

Das LGRB verweist in seiner Stellungnahme /1/ auf mögliche Hebungen in Folge von Sulfatausfällungen im Bereich der Arietenkalk-Formation. Da die Arietenkalk-Formation nicht im Untersuchungsgebiet ansteht, bestehen diesbezüglich aus gutachterlicher Sicht keine Bedenken. Weiterhin verweisen wir darauf, dass gemäß entsprechenden Literaturangaben in der Arietenkalk-Formation in Ostwürttemberg in der Regel keine Ölschiefer enthalten sind und somit generell kein entsprechendes Risiko besteht.

5.3 Empfehlungen im Hinblick auf Georisiken

Im Hinblick auf die in den Kapitel 5.1 und 5.2 diskutierten Georisiken ergeben sich aus gutachterlicher Sicht folgende Hinweise und Empfehlungen:

- Im Lageplan 1.2 ist das Risiko von Rutschungen im Hinblick auf die geplante Bebauung dargestellt. Bei den stark Rutschungsgefährdeten Bereichen (rot dargestellt) wird generell von einer Bebauung abgeraten, bzw. ergeben sich die in Abschnitt 5.1.2 beschriebenen Mehraufwendungen.
- Die errichteten Inklinometermessstellen sind im Vorfeld der Erschließung, während der Erschließungsarbeiten und während der Bebauung des Gebiets regelmäßig zu Messen, um bestehende bzw. durch die Bautätigkeit verursachte Hangbewegungen zu erfassen.
- Von einer Versickerung von Niederschlagswasser im Baugebiet wird im Hinblick auf die Hangstabilität generell abgeraten.
- Im Hangbereich sollten im Hinblick auf die Hangstabilität keine größeren Anschüttungen (> 1 m) zur Geländeprofilierung vorgenommen werden.
- Im Vorfeld der Erschließungsarbeiten sollten die an das Erschließungsgebiet angrenzenden Häuser in der Scherrenbergstraße einer Beweissicherung unterzogen werden. Gegebenfalls ist einer weitere Beweissicherung angrenzender Häuser im Vorfeld der Bebauung des Östlichen Rand des Erschließungsgebietes sinnvoll.
- Für jedes Bauvorhaben ist im Vorfeld ein Baugrund- und Gründungsgutachten zu erstellen. Für die in Hanglage befindlichen Bauvorhaben (Lageplan 1.2, orange und rot markierten Bereiche) ist darin explizit die Hangstabilität sowie die Böschungsstabilität von Baugruben zu

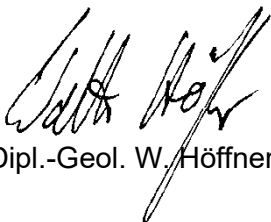
bewerten. Weiterhin ist für jedes Baufeld die Austrocknungsanfälligkeit des Baugrundes zu beurteilen.

- Bei austrocknungsanfälligen Böden ist auf eine Mindesteinbindetiefe der Gründung von rd. 2,0 m u. GOK zu achten. In Bauwerksnähe sollten keine Bäume gepflanzt werden bzw. zwischen Bauwerk und Baum eine Wurzelsperre errichtet werden.

6 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Untergrundverhältnisse im Randbereich des Erschließungsgebiets wurden ergänzend zu dem bereits vorliegenden Untersuchungsumfang durch vier Kernbohrungen erkundet sowie unter Hinzuziehung der örtlichen Kenntnisse der geologischen Verhältnisse beschrieben und beurteilt. Wir weisen darauf hin, dass es sich bei den Bohrungen und Sondierungen um punktuelle Aufschlüsse handelt und Abweichungen vom hier beschriebenen Befund nicht ausgeschlossen werden können, womit eine ständige und sorgfältige Kontrolle der bei den Erd- und Gründungsarbeiten angetroffenen Verhältnissen und ein Vergleich zu den Ergebnissen und Folgerungen im Gutachten unerlässlich sind.

für die Geotechnik Aalen GmbH & Co. KG

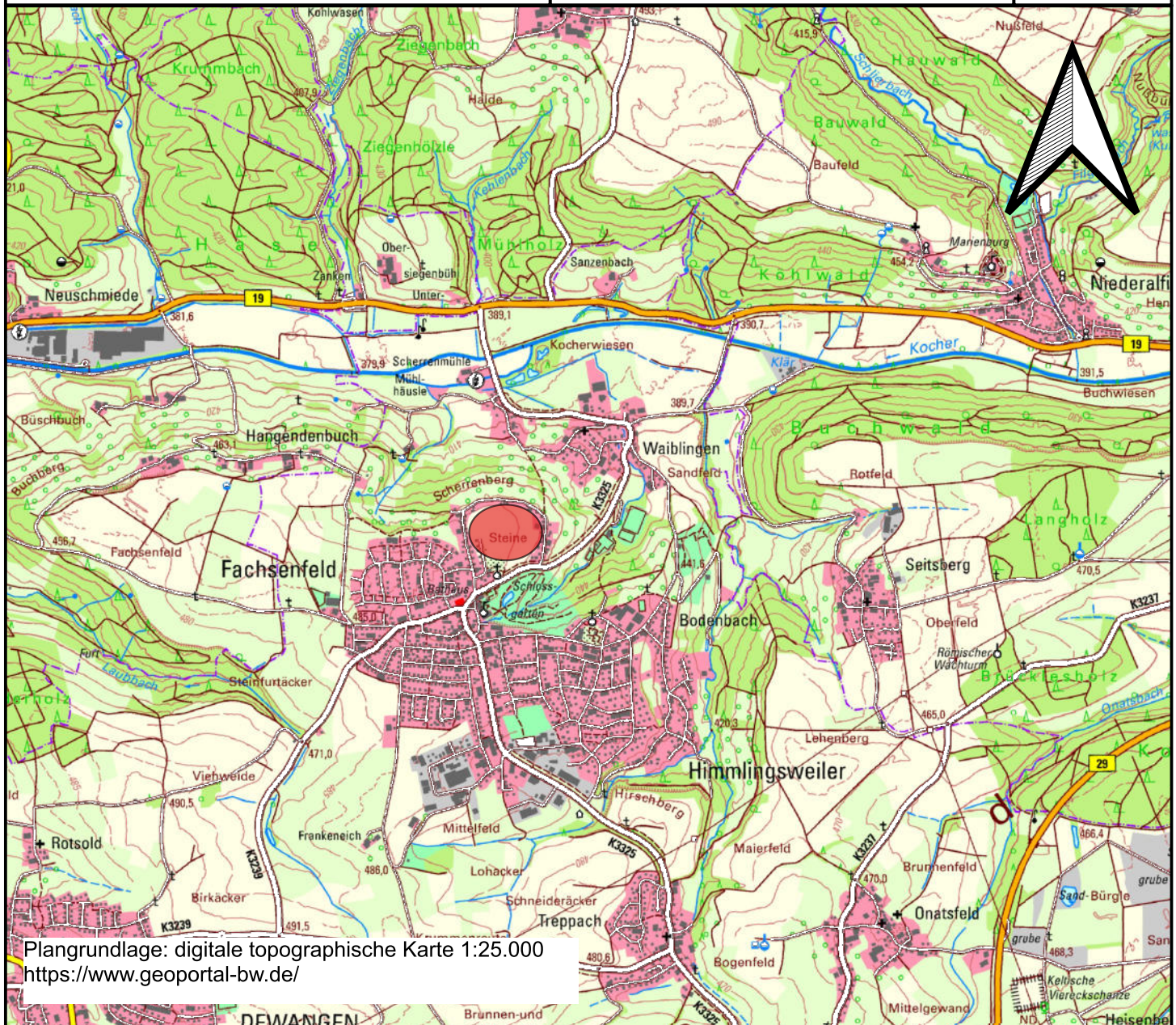


Dipl.-Geol. W. Höffner

Sachbearbeiter:



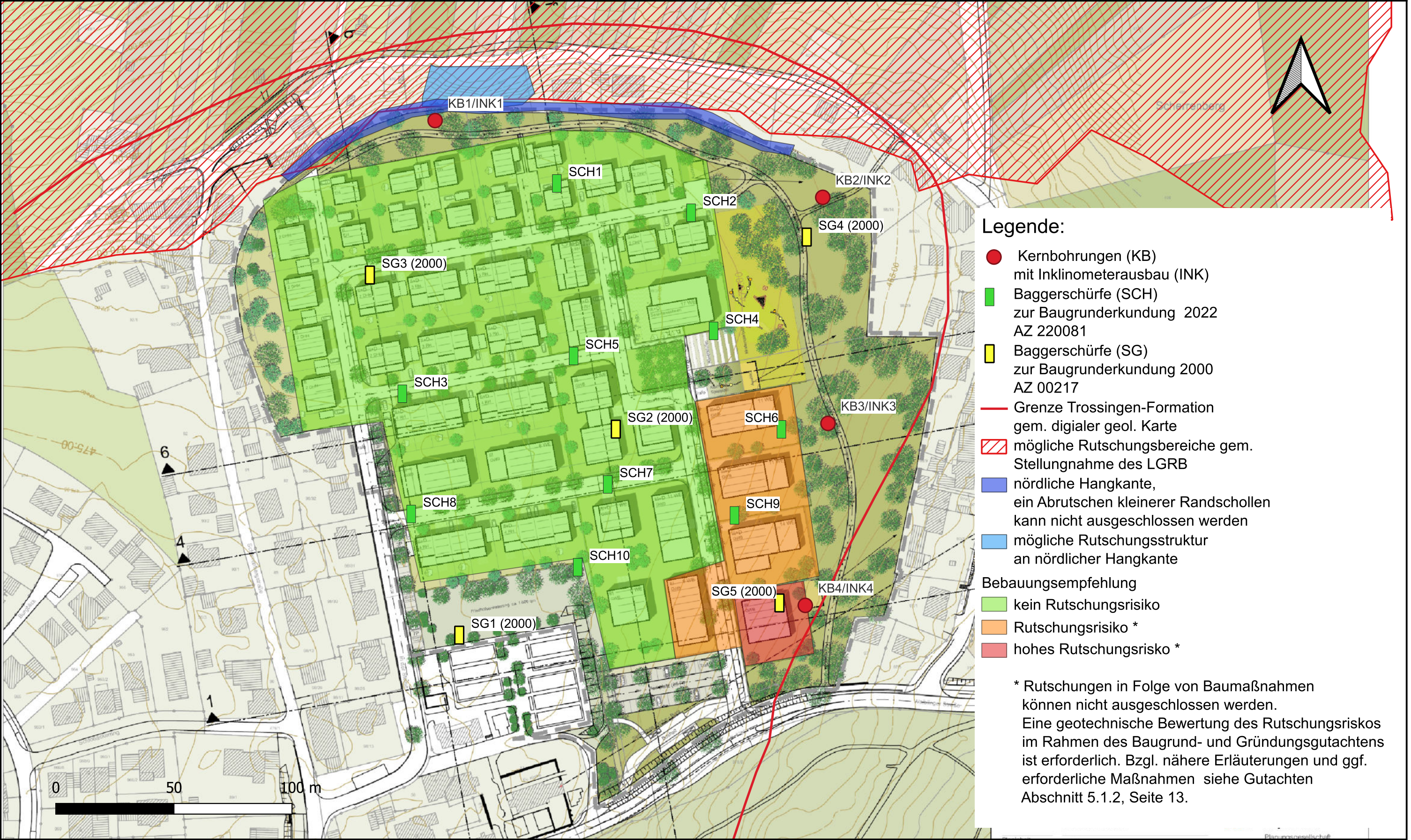
M. Sc. S. Sprengholz



Legende:



Untersuchungsgebiet



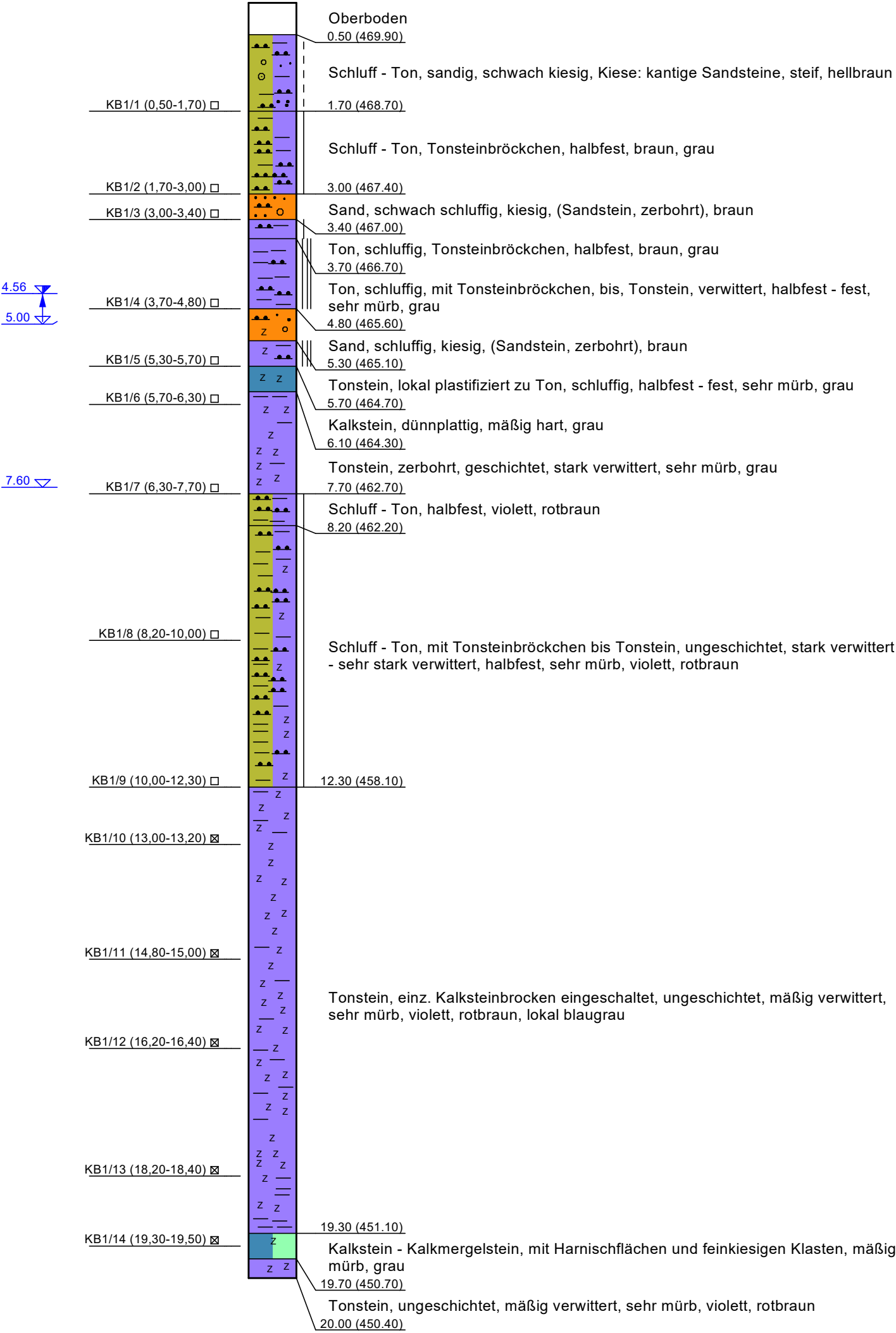
KB 1

470,40 m NN

Deckschichten

Psilonotenton-Formation (juPT)

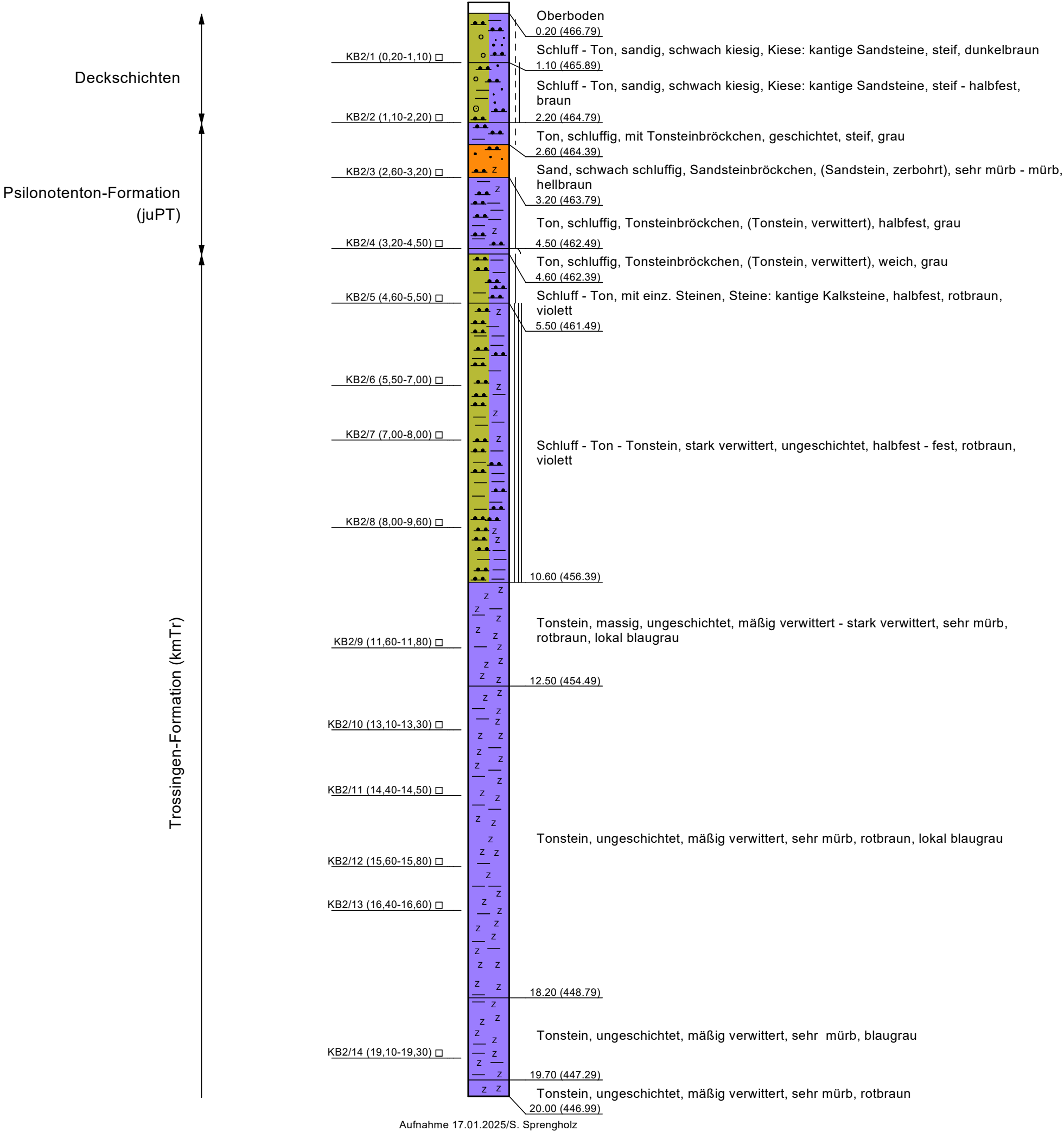
Trossingen-Formation (kmTr)



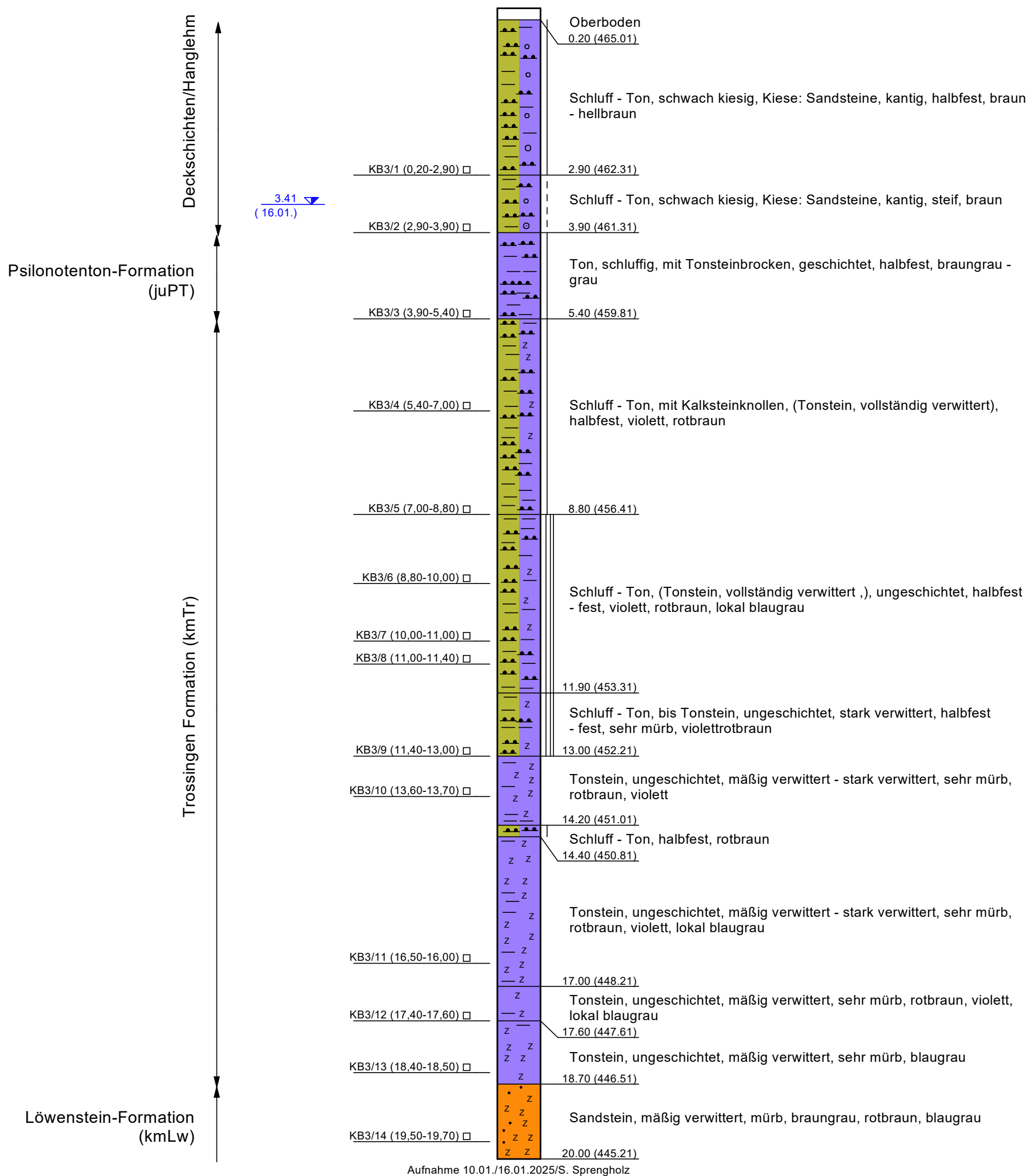
Aufnahme 20.01.2025/S. Sprengholz

KB 2

466,99 m NN



465,21 m NN



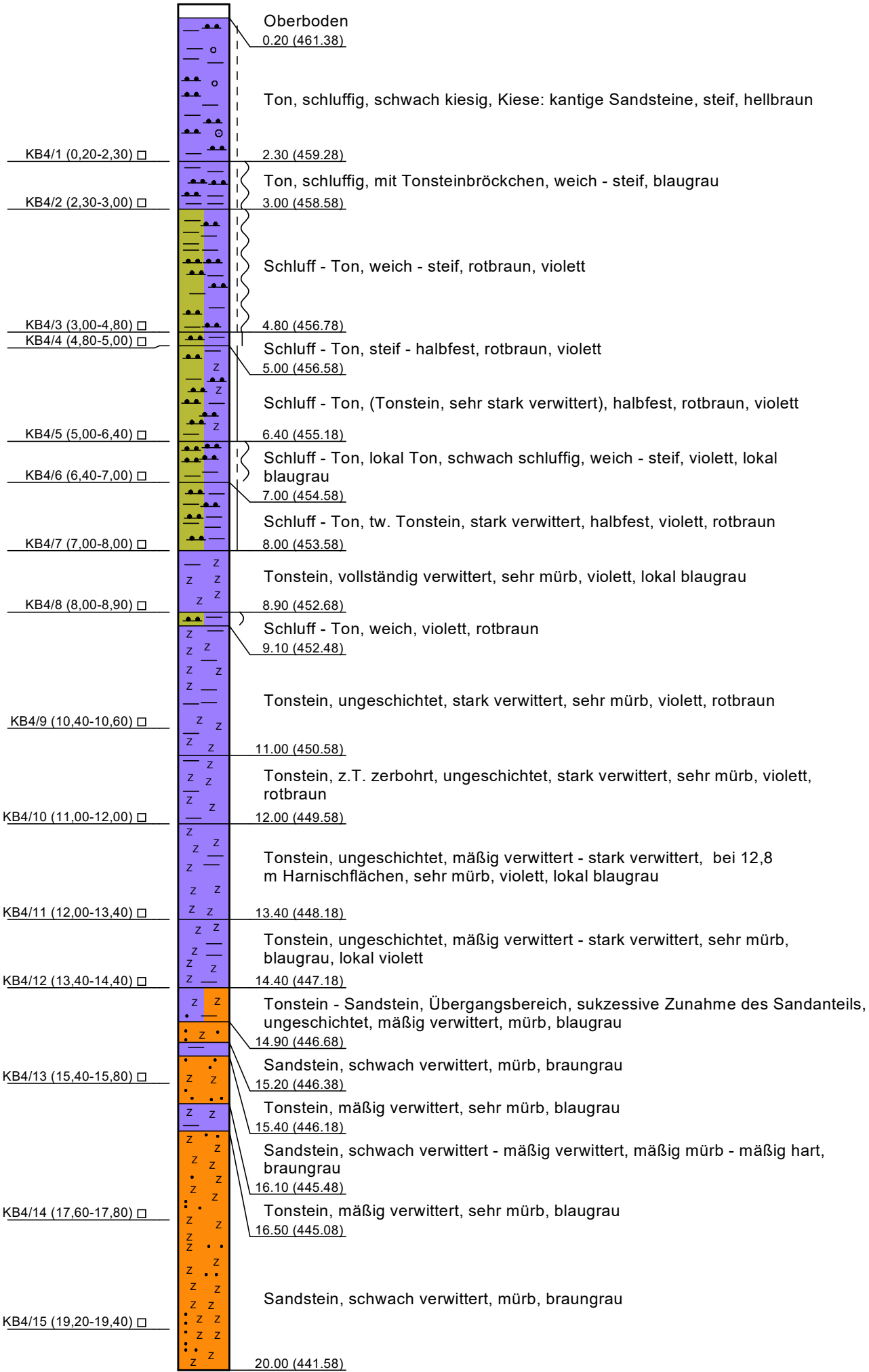


KB 4

461,58 m NN

Deckschichten / Hanglehm

Trossingen-Formation (kuTr)
Löwenstein-Formation (kmLw)



Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Erschließung Baugebiet "Steine" in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho/Hä

Datum: 06.02.2025

Prüfungsnummer: 01
Entnahmestelle: KB 1 - KB 4
Tiefe: siehe Anlage 2
Bodenart: siehe Anlage 2
Entnahmeart: gestört
Entnahme: 09.-20.01.25 durch Sp

Probenbezeichnung:	KB1/2	KB1/8	KB1/10	KB1/13	KB2/5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	294.70	449.70	450.70	544.00	567.90
Trockene Probe + Behälter [g]:	262.90	393.90	399.20	493.20	495.10
Behälter [g]:	102.45	114.00	110.20	112.20	113.90
Porenwasser [g]:	31.80	55.80	51.50	50.80	72.80
Trockene Probe [g]:	160.45	279.90	289.00	381.00	381.20
Wassergehalt [%]:	19.82	19.94	17.82	13.33	19.10

Probenbezeichnung:	KB2/6	KB2/8	KB3/1	KB3/5	KB4/1
Feuchte Probe + Behälter [g]:	586.20	676.90	226.80	285.50	171.40
Trockene Probe + Behälter [g]:	502.50	590.40	210.90	251.40	160.50
Behälter [g]:	99.80	102.30	105.60	101.60	114.00
Porenwasser [g]:	83.70	86.50	15.90	34.10	10.90
Trockene Probe [g]:	402.70	488.10	105.30	149.80	46.50
Wassergehalt [%]:	20.78	17.72	15.10	22.76	23.44

Probenbezeichnung:	KB4/5	KB4/6	KB4/9	KB4/10	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	382.30	400.90	880.90	516.20	
Trockene Probe + Behälter [g]:	337.80	330.40	793.40	456.10	
Behälter [g]:	113.90	110.40	110.30	115.10	
Porenwasser [g]:	44.50	70.50	87.50	60.10	
Trockene Probe [g]:	223.90	220.00	683.10	341.00	
Wassergehalt [%]:	19.87	32.05	12.81	17.62	

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 13.02.2025

Prüfungsnummer: KB1/2

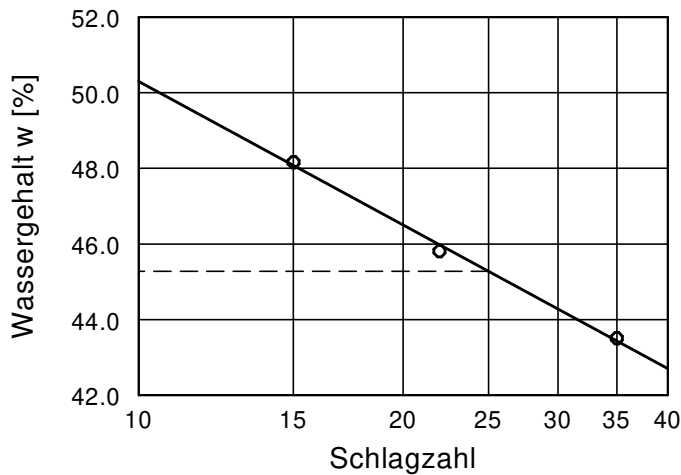
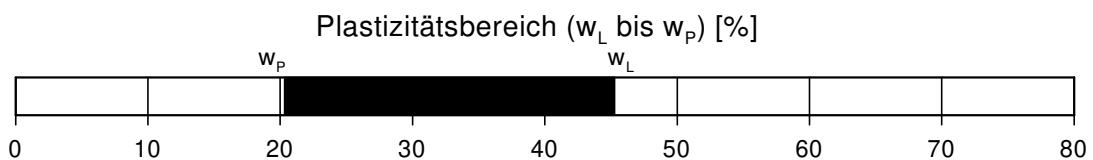
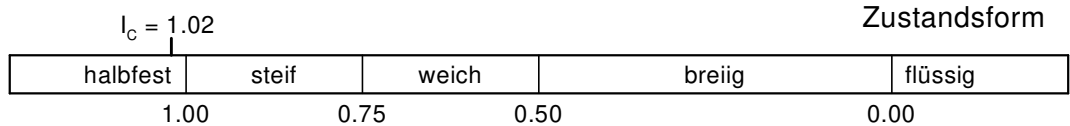
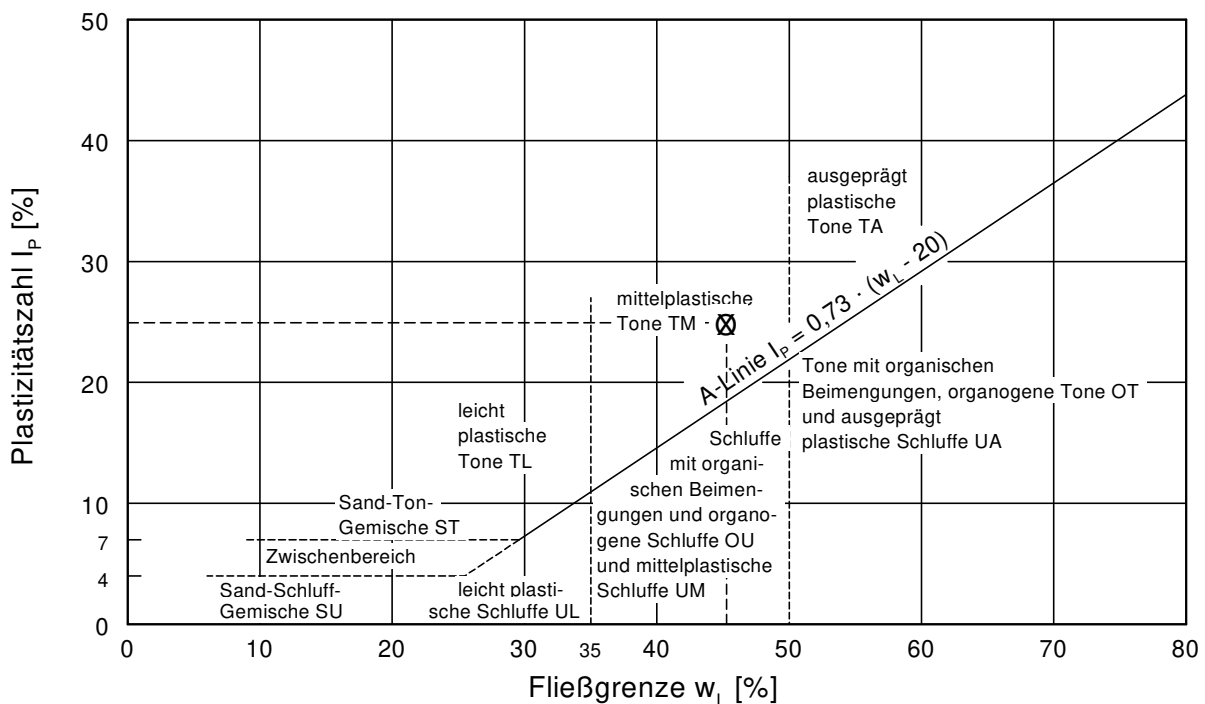
Entnahmestelle: KB 1

Tiefe: 1,70 - 3,00 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff-Ton (TM)

Entnahme: 20.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w = 19.8 \%$ Fließgrenze $w_L = 45.3 \%$ Ausrollgrenze $w_P = 20.3 \%$ Plastizitätszahl $I_P = 25.0 \%$ Konsistenzzahl $I_C = 1.02$ **Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: He

Datum: 17.02.2025

Prüfungsnummer: KB1/8

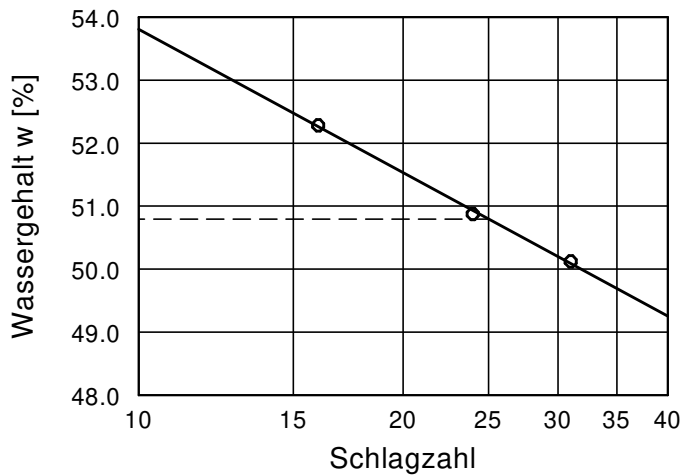
Entnahmestelle: KB 1

Tiefe: 8,20 - 10,00 m

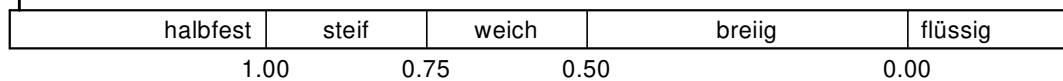
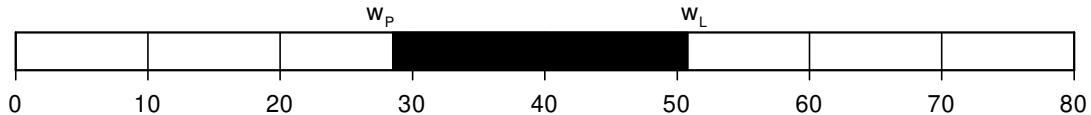
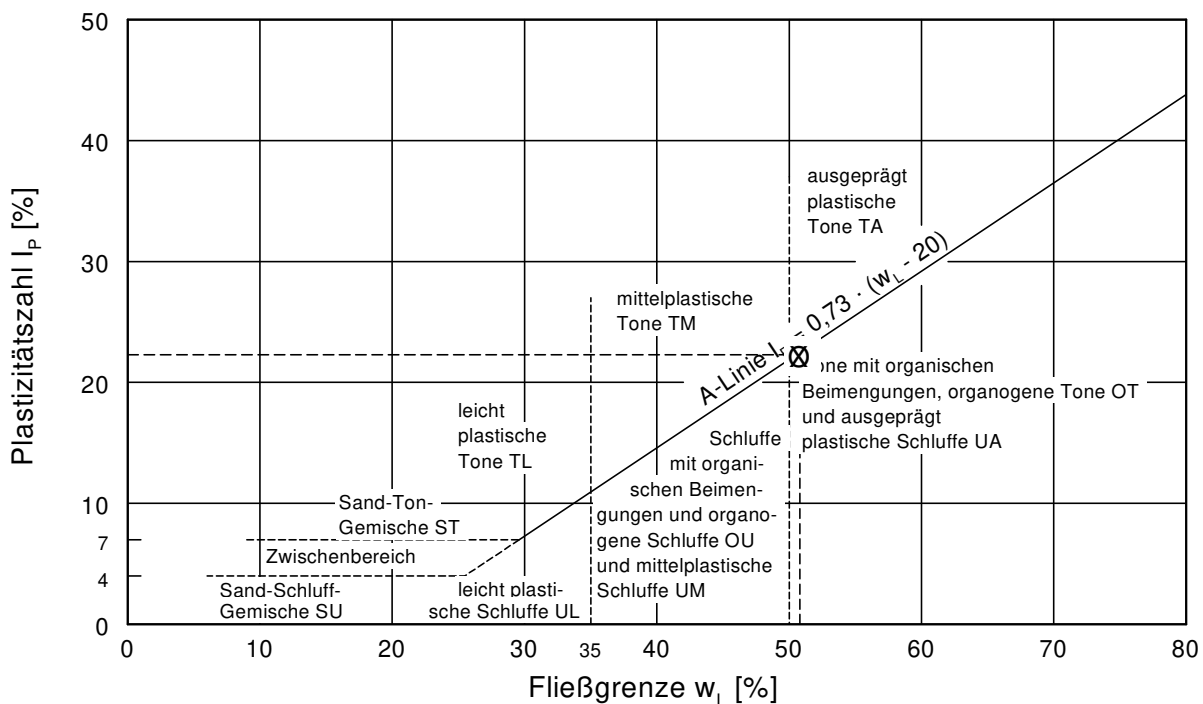
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff-Ton (TA/OT)

Entnahme: 20.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w = 19.9 \%$ Fließgrenze $w_L = 50.8 \%$ Ausrollgrenze $w_P = 28.5 \%$ Plastizitätszahl $I_P = 22.3 \%$ Konsistenzzahl $I_C = 1.38$ $I_C = 1.38$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]**Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Hä

Datum: 12.02.2025

Prüfungsnummer: KB2/5

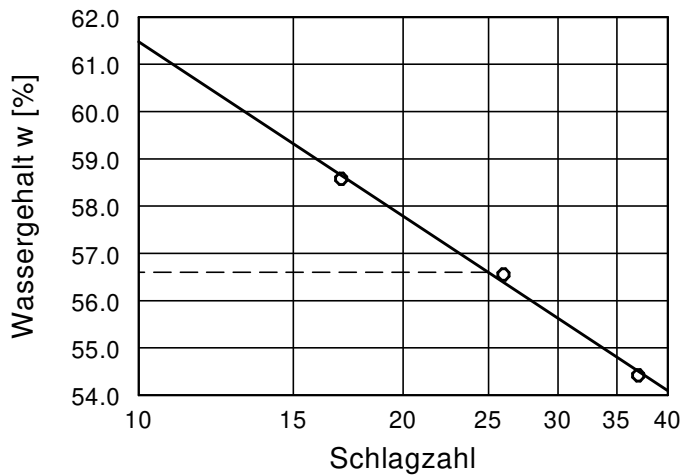
Entnahmestelle: KB 2

Tiefe: 4,60 - 5,50 m

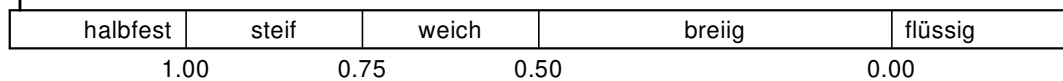
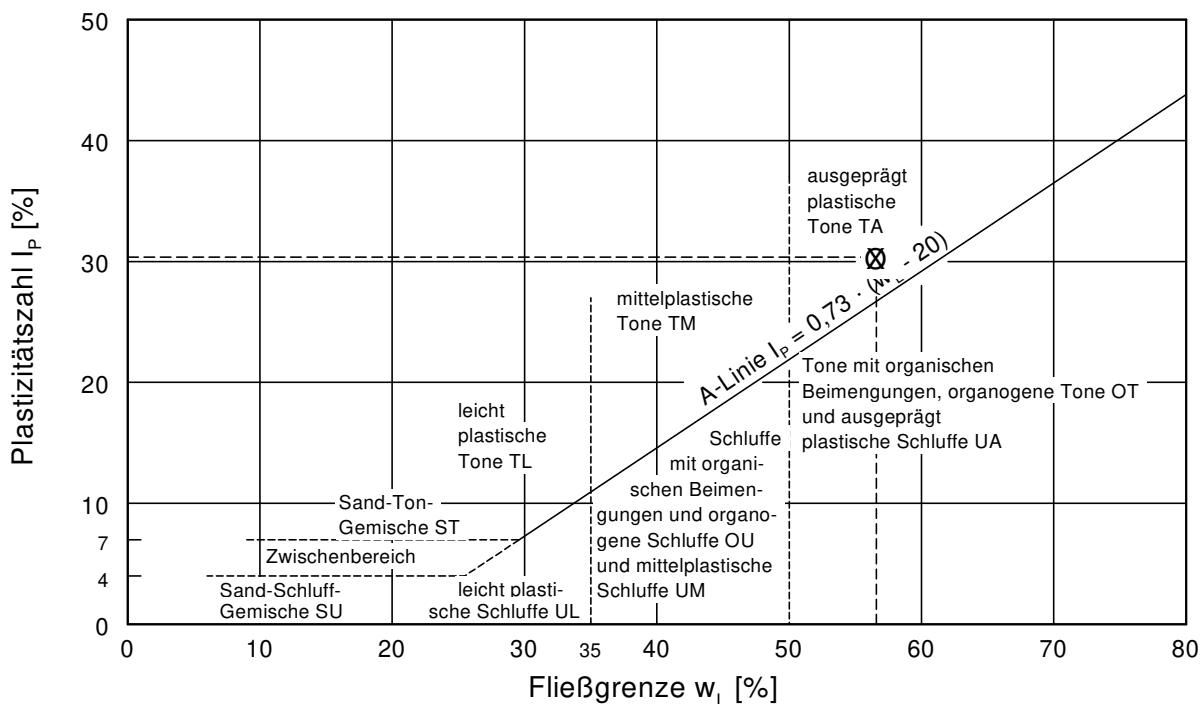
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff-Ton (TA)

Entnahme: 17.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w = 19.1 \%$ Fließgrenze $w_L = 56.6 \%$ Ausrollgrenze $w_p = 26.2 \%$ Plastizitätszahl $I_p = 30.4 \%$ Konsistenzzahl $I_c = 1.24$ $I_c = 1.24$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]**Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Hä

Datum: 13.02.2025

Prüfungsnummer: KB3/1

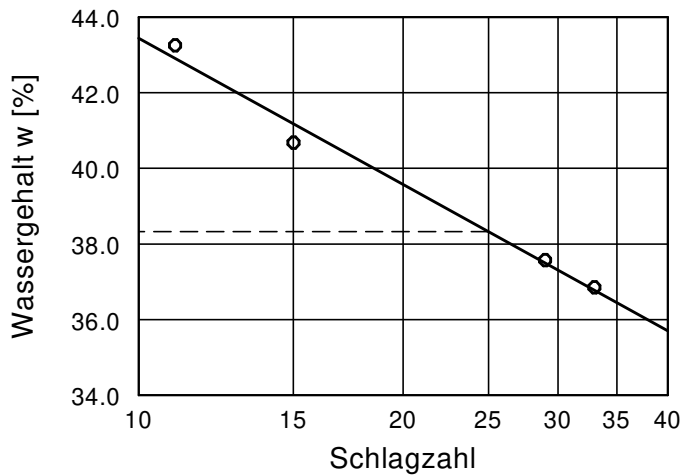
Entnahmestelle: KB 3

Tiefe: 0,20 - 2,90 m

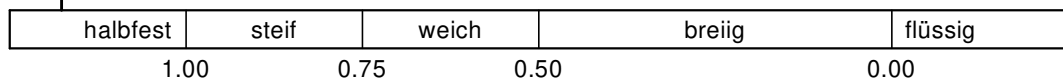
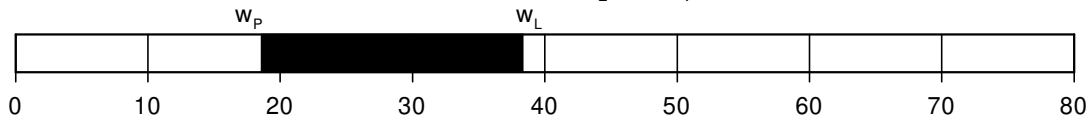
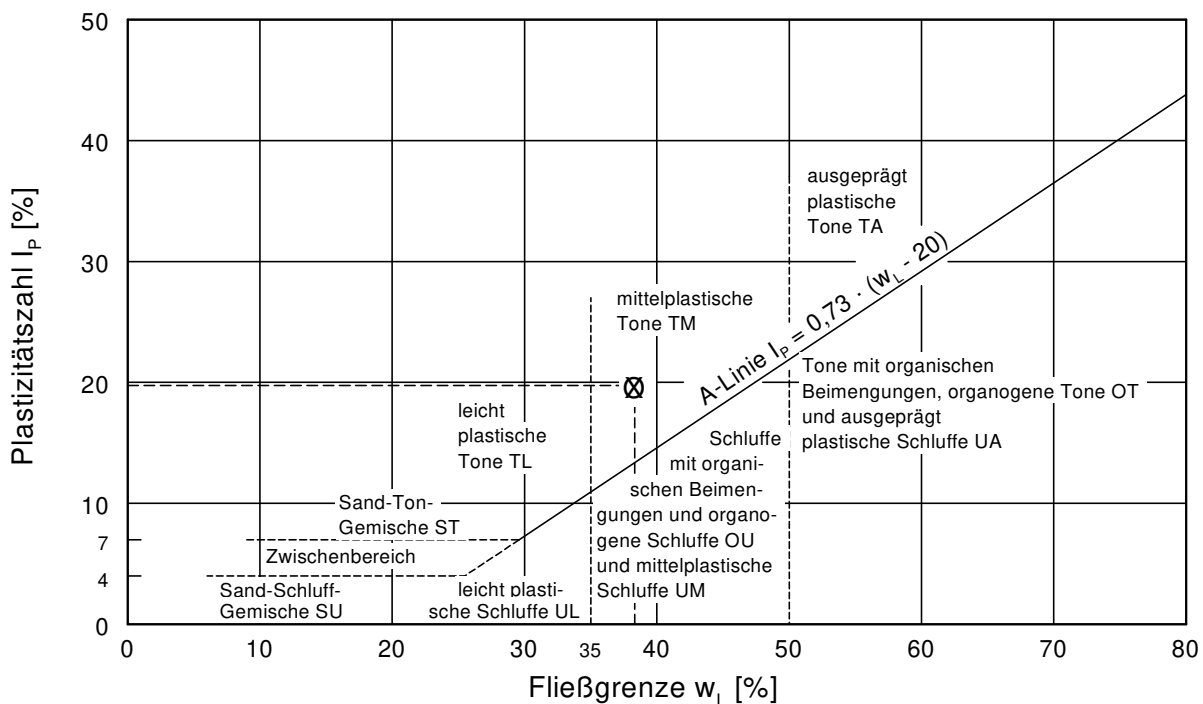
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff-Ton, g' (TM)

Entnahme: 10./16.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w = 15.1\%$ Fließgrenze $w_L = 38.3\%$ Ausrollgrenze $w_p = 18.6\%$ Plastizitätszahl $I_p = 19.7\%$ Konsistenzzahl $I_c = 1.18$ $I_c = 1.18$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]**Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 10.02.2025

Prüfungsnummer: KB3/5

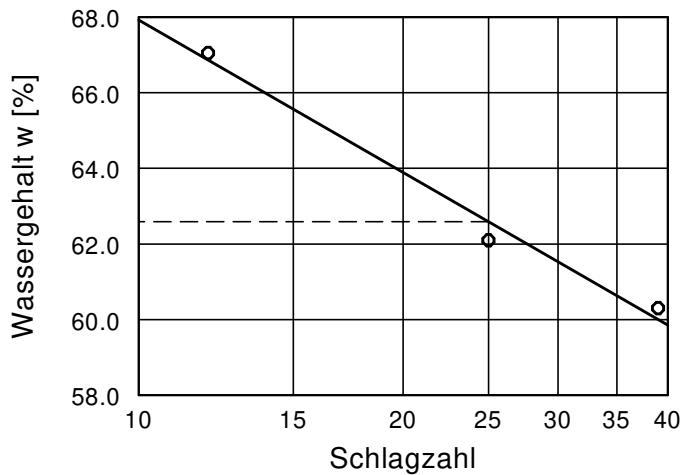
Entnahmestelle: KB 3

Tiefe: 7,00 - 8,80 m

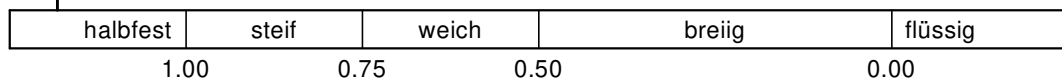
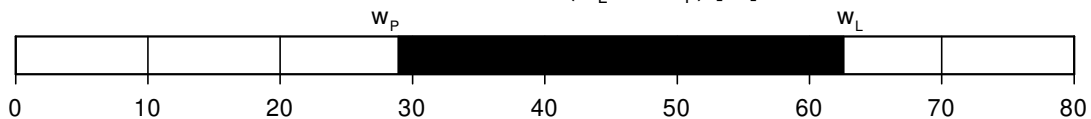
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff-Ton (TA)

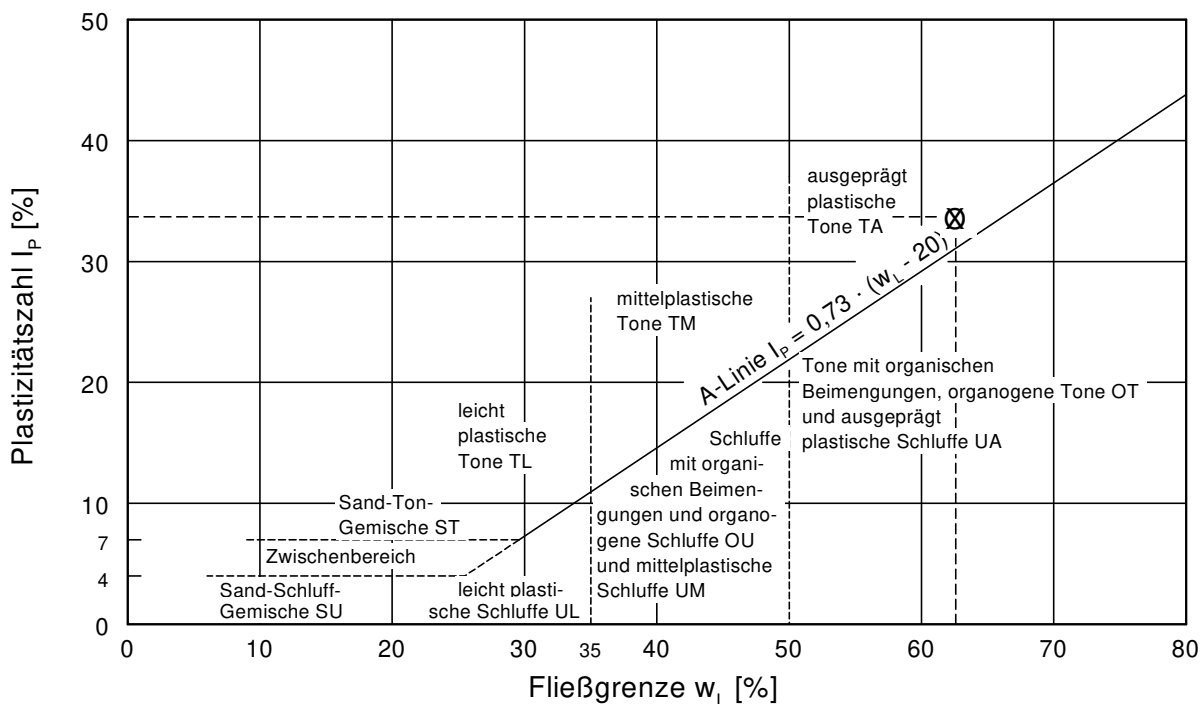
Entnahme: 10./16.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w = 22.8 \%$ Fließgrenze $w_L = 62.6 \%$ Ausrollgrenze $w_p = 28.9 \%$ Plastizitätszahl $I_p = 33.7 \%$ Konsistenzzahl $I_c = 1.18$ $I_c = 1.18$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]

Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Hä

Datum: 11.02.2025

Prüfungsnummer: KB4/1

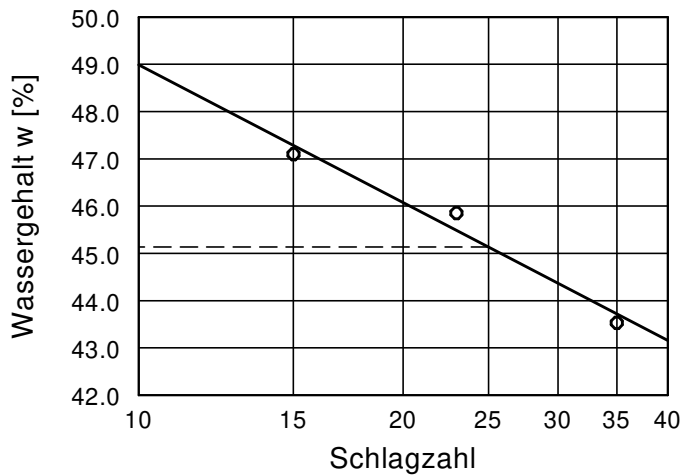
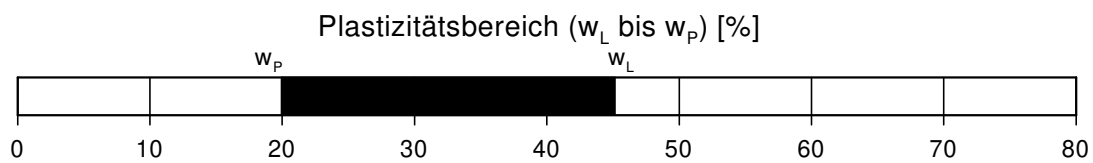
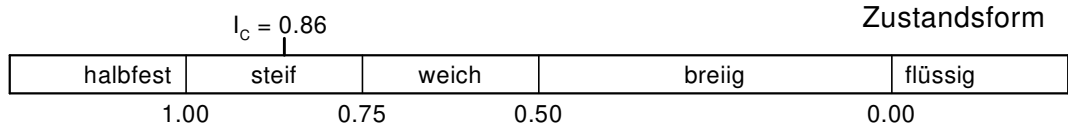
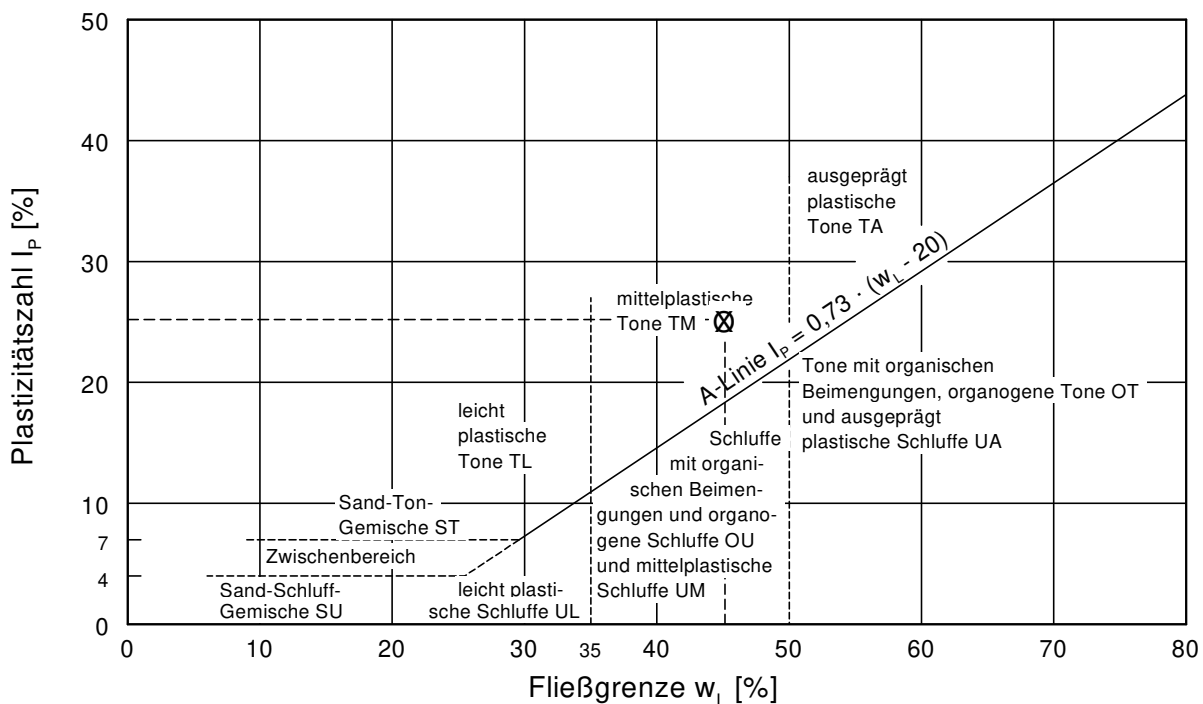
Entnahmestelle: KB 4

Tiefe: 0,20 - 2,30 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton, u, g' (TM)

Entnahme: 09.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w =$ 23.4 %Fließgrenze $w_L =$ 45.1 %Ausrollgrenze $w_p =$ 19.9 %Plastizitätszahl $I_p =$ 25.2 %Konsistenzzahl $I_c =$ 0.86**Plastizitätsdiagramm**

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12**Erschließung Baugebiet "Steine"**
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 13.02.2025

Prüfungsnummer: KB4/5

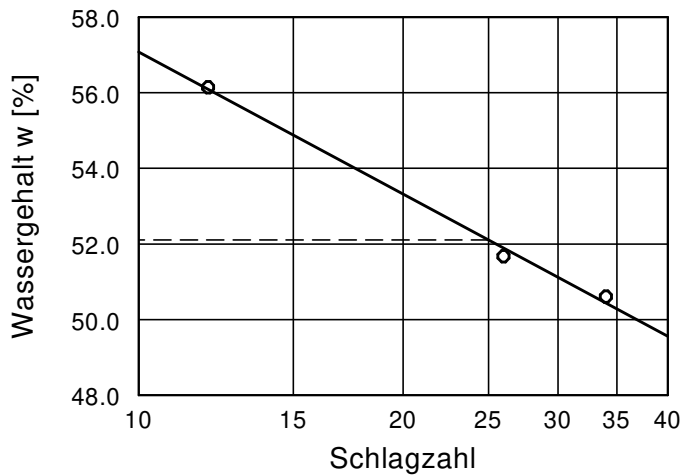
Entnahmestelle: KB 4

Tiefe: 5,00 - 6,40 m

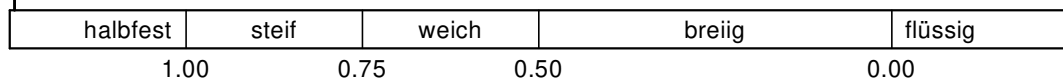
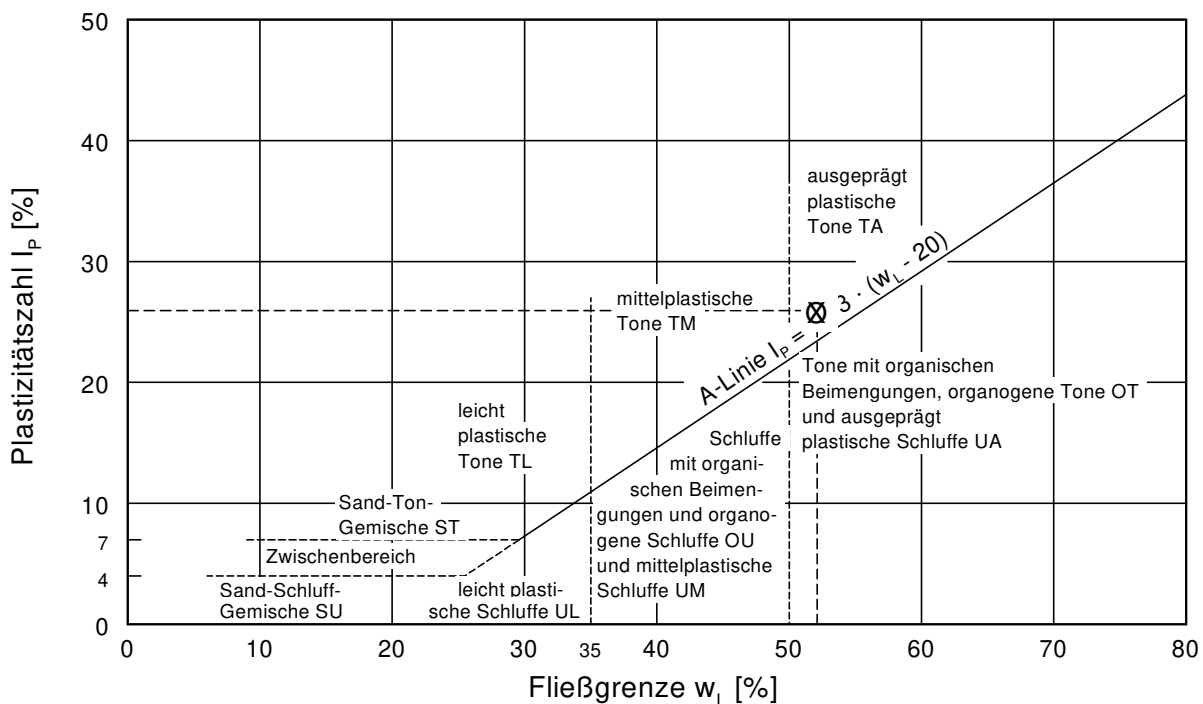
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff-Ton (TA)

Entnahme: 09.01.2025 durch Sp

Wassergehalt $w = 19.9 \%$ Fließgrenze $w_L = 52.1 \%$ Ausrollgrenze $w_P = 26.2 \%$ Plastizitätszahl $I_P = 25.9 \%$ Konsistenzzahl $I_C = 1.24$ $I_C = 1.24$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]**Plastizitätsdiagramm**

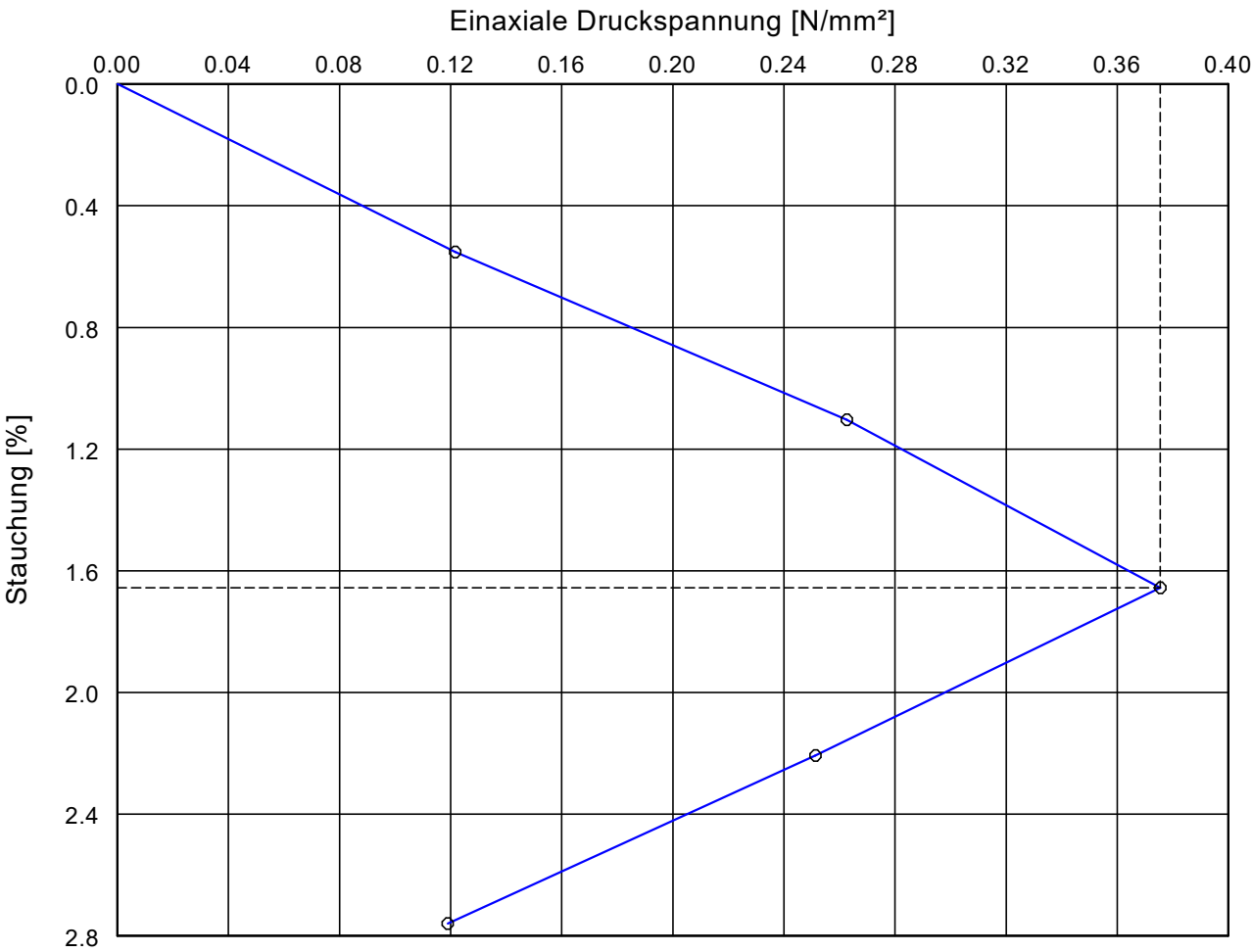
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 04.02.2025

Prüfungsnummer: KB1/10
Entnahmestelle: KB 1
Tiefe: 13,00 -13,20 m
Bodenart: Tonstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 20.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1480.64	Anfangshöhe [mm] = 181.20
Durchmesser [mm] = 102,0	Dichte [g/cm³] = 2,066
w (vorher) [%] = -	w (nachher) [%] = 17,82
Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00	

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 0.376
Stauchung [%] = 1.66

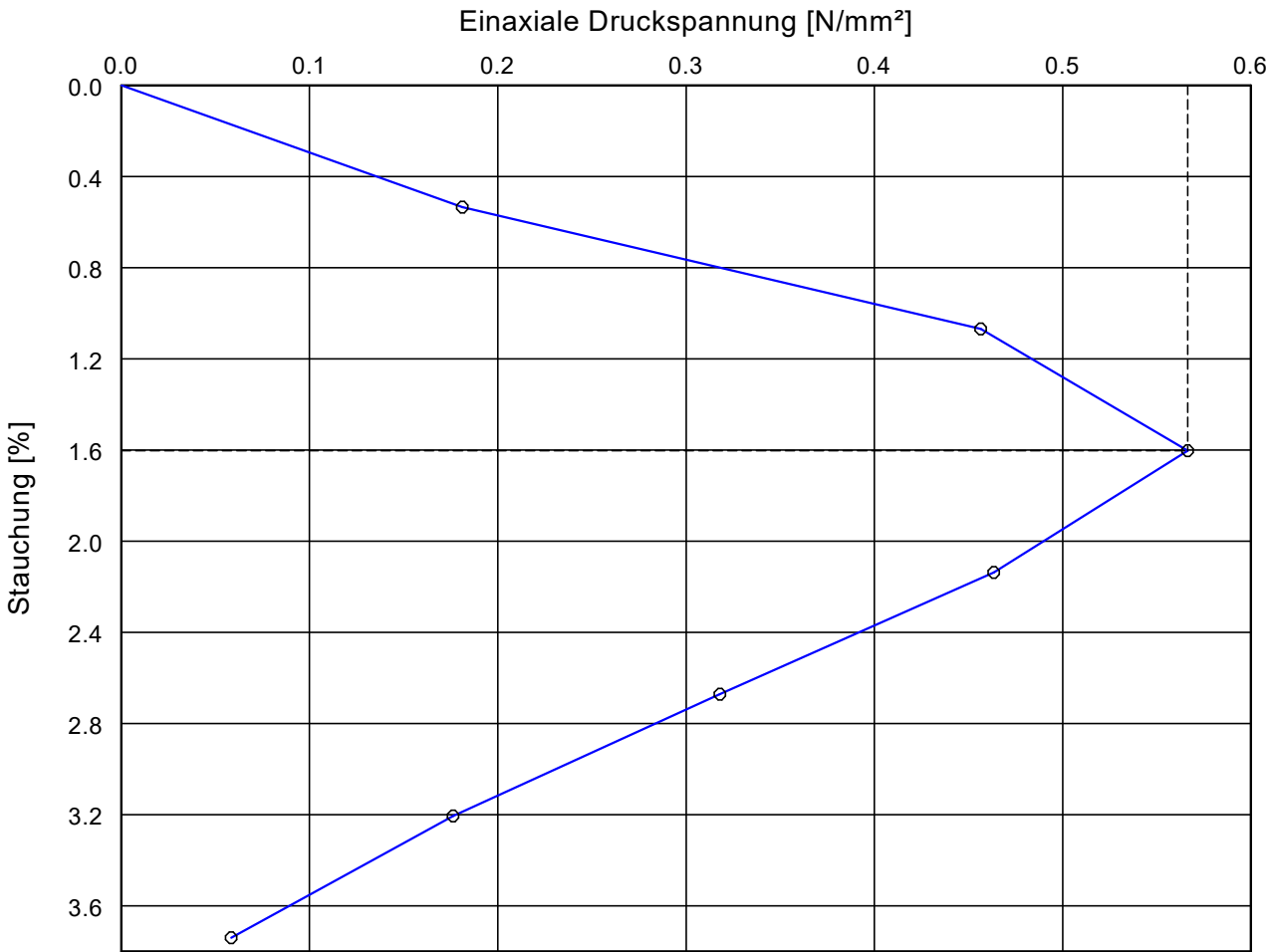
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 04.02.2025

Prüfungsnummer: KB1/12
Entnahmestelle: KB 1
Tiefe: 16,20 - 16,40 m
Bodenart: Tonstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 20.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1541.68

Anfangshöhe [mm] = 187.20

Durchmesser [mm] = 102,4

Dichte [g/cm³] = 2,201

w (vorher) [%] = -

w (nachher) [%] = 13,33

Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 0.566

Stauchung [%] = 1.60

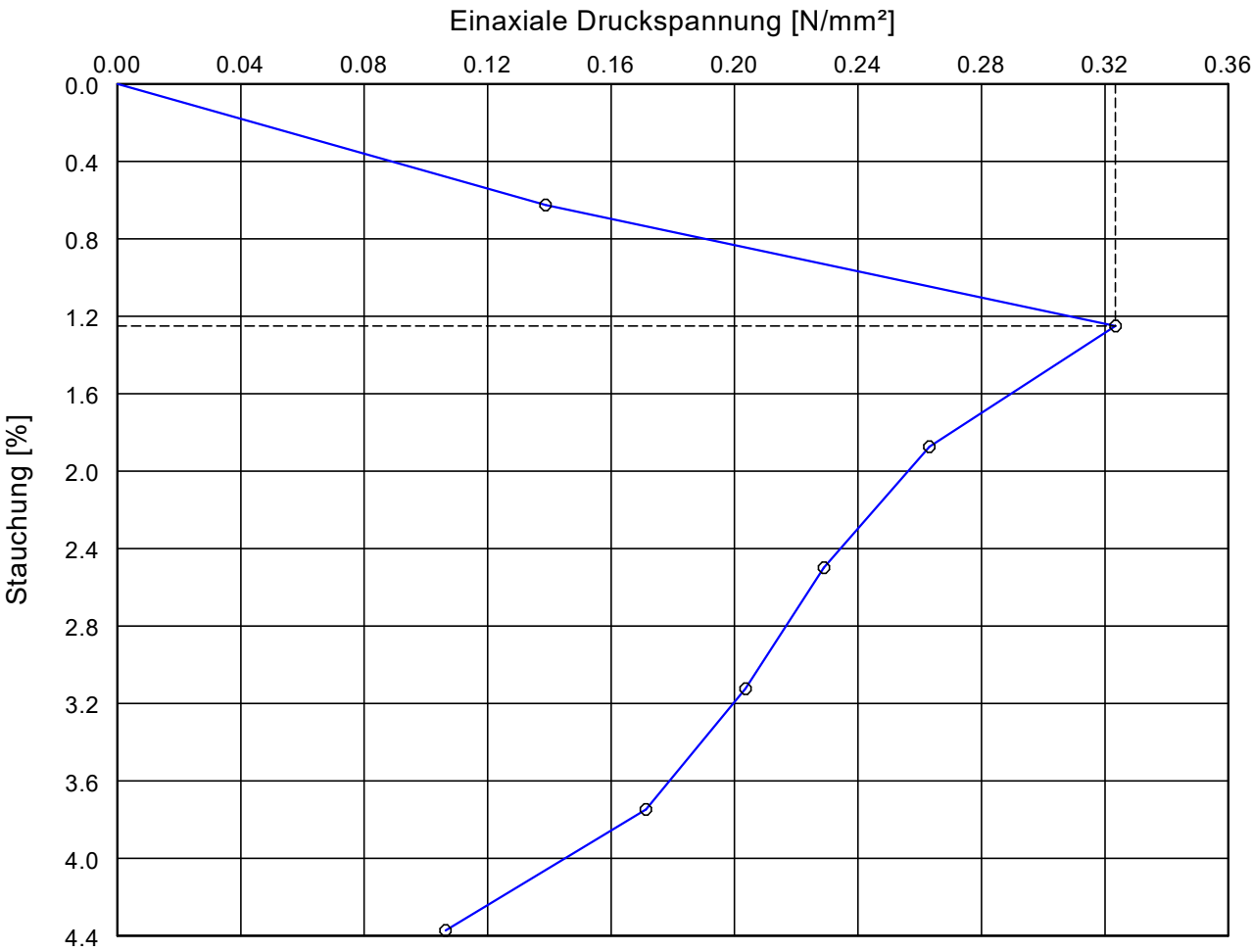
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 04.02.2025

Prüfungsnummer: KB2/11
Entnahmestelle: KB 2
Tiefe: 14,40 - 14,50 m
Bodenart: Tonstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 17.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1295.43

Anfangshöhe [mm] = 160.10

Durchmesser [mm] = 101,5

Dichte [g/cm³] = 2,175

w (vorher) [%] = -

w (nachher) [%] = 15,26

Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 0.323

Stauchung [%] = 1.25

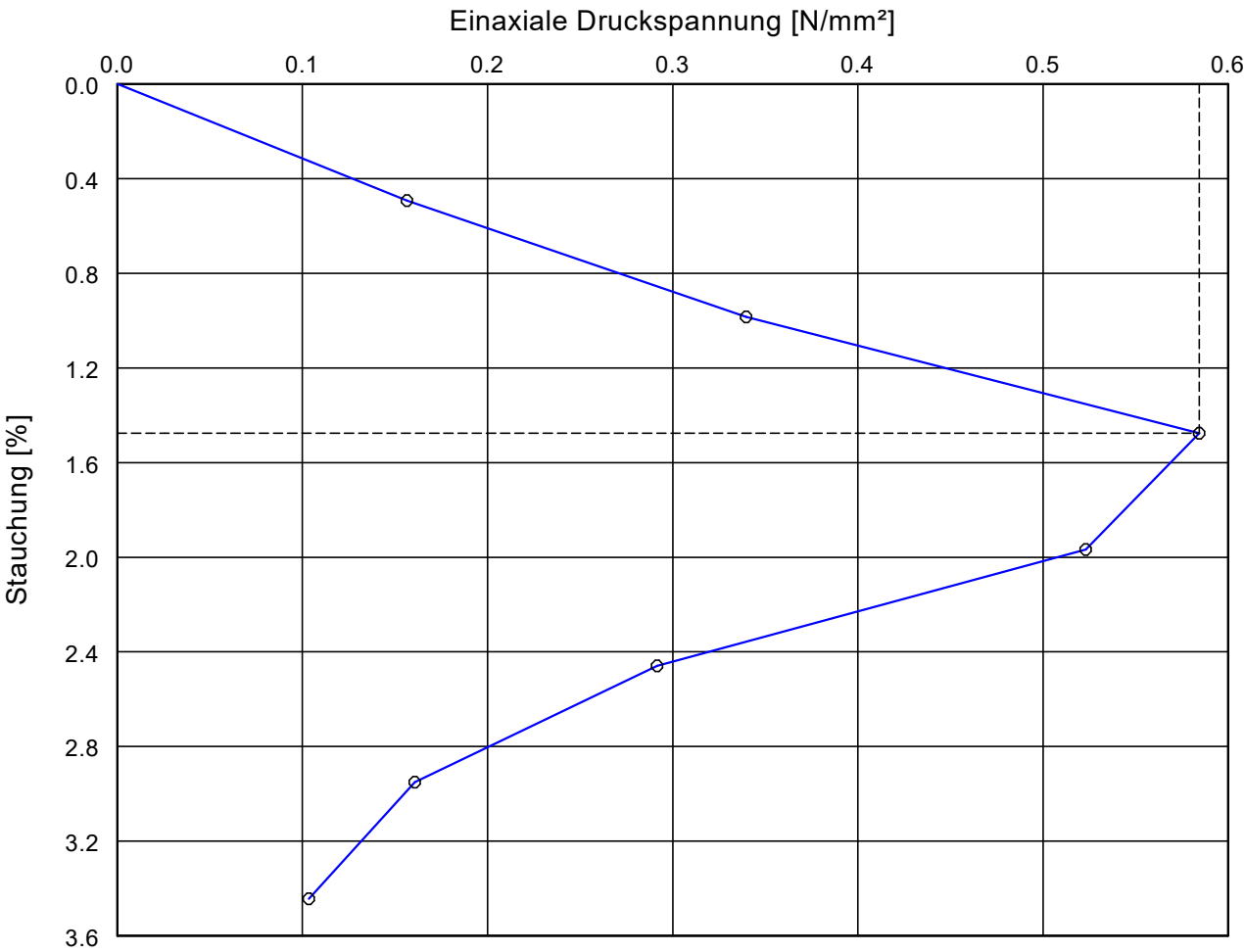
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 04.02.2025

Prüfungsnummer: KB2/14
Entnahmestelle: KB 2
Tiefe: 19,10 - 19,30 m
Bodenart: Tonstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 17.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1707.14

Anfangshöhe [mm] = 203.30

Durchmesser [mm] = 103,4

Dichte [g/cm³] = 2,253

w (vorher) [%] = -

w (nachher) [%] = 9,43

Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 0.584

Stauchung [%] = 1.48

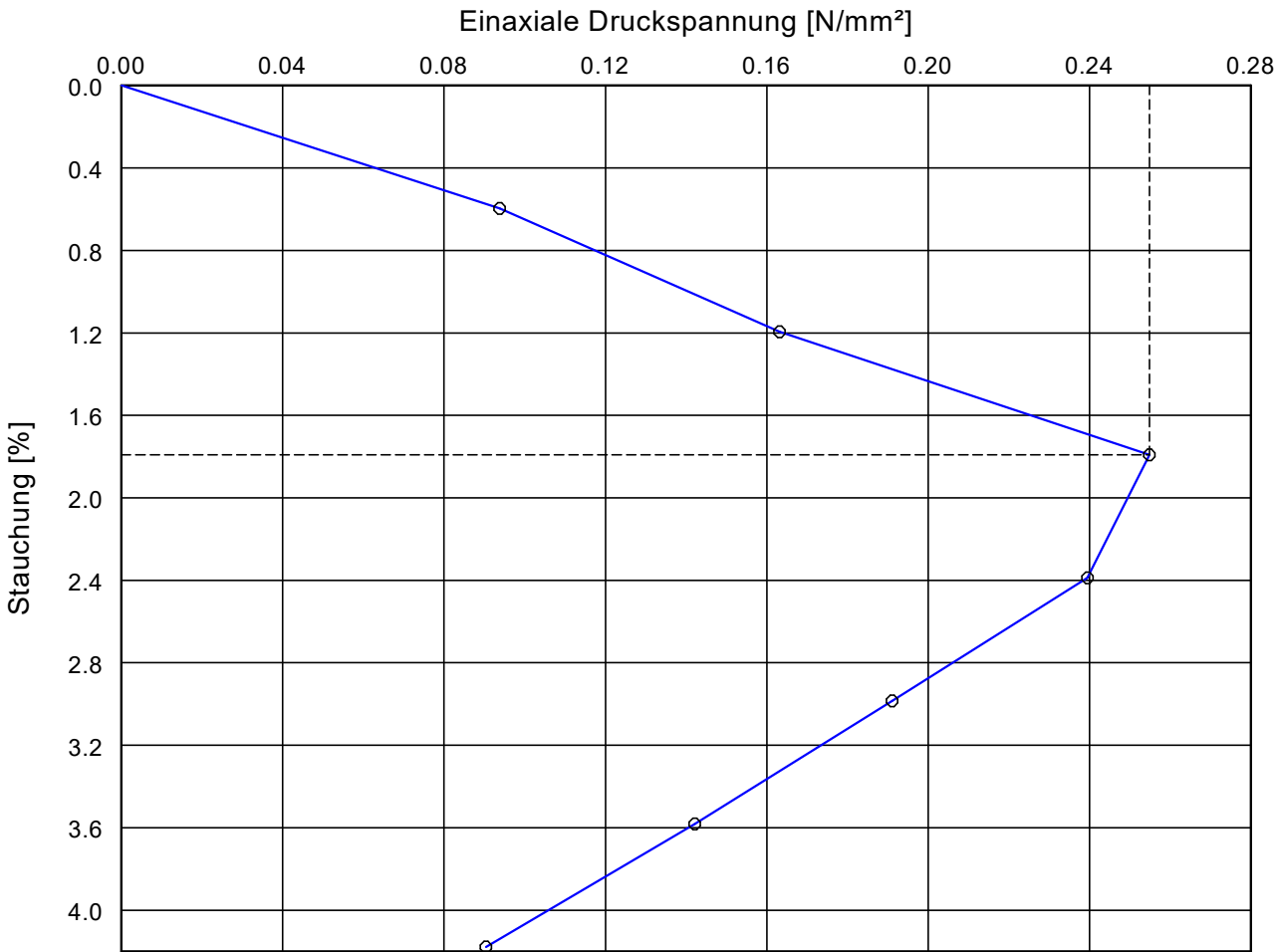
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 03.02.2025

Prüfungsnummer: KB3/11
Entnahmestelle: KB 3
Tiefe: 16,50 - 16,60 m
Bodenart: Tonstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 16.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1420.15

Anfangshöhe [mm] = 167.50

Durchmesser [mm] = 103,9

Dichte [g/cm³] = 2,110

w (vorher) [%] = -

w (nachher) [%] = 15,31

Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 0.255

Stauchung [%] = 1.79

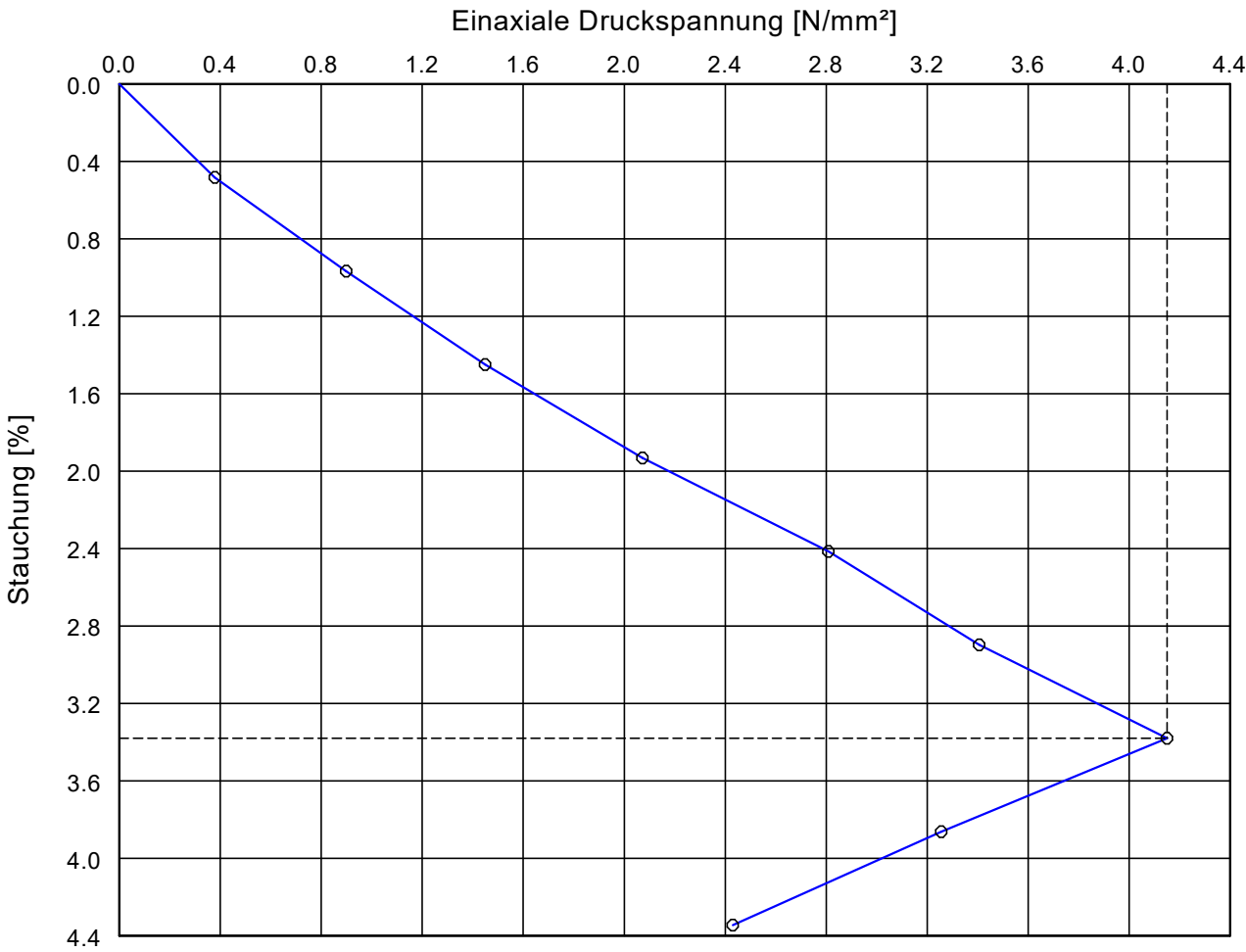
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 03.02.2025

Prüfungsnummer: KB3/14
Entnahmestelle: KB 3
Tiefe: 19,50 - 19,70 m
Bodenart: Sandstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 16.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1712.24

Anfangshöhe [mm] = 207.10

Durchmesser [mm] = 102,6

Dichte [g/cm³] = 2,283

w (vorher) [%] = -

w (nachher) [%] = 8,54

Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 4.150

Stauchung [%] = 3.38

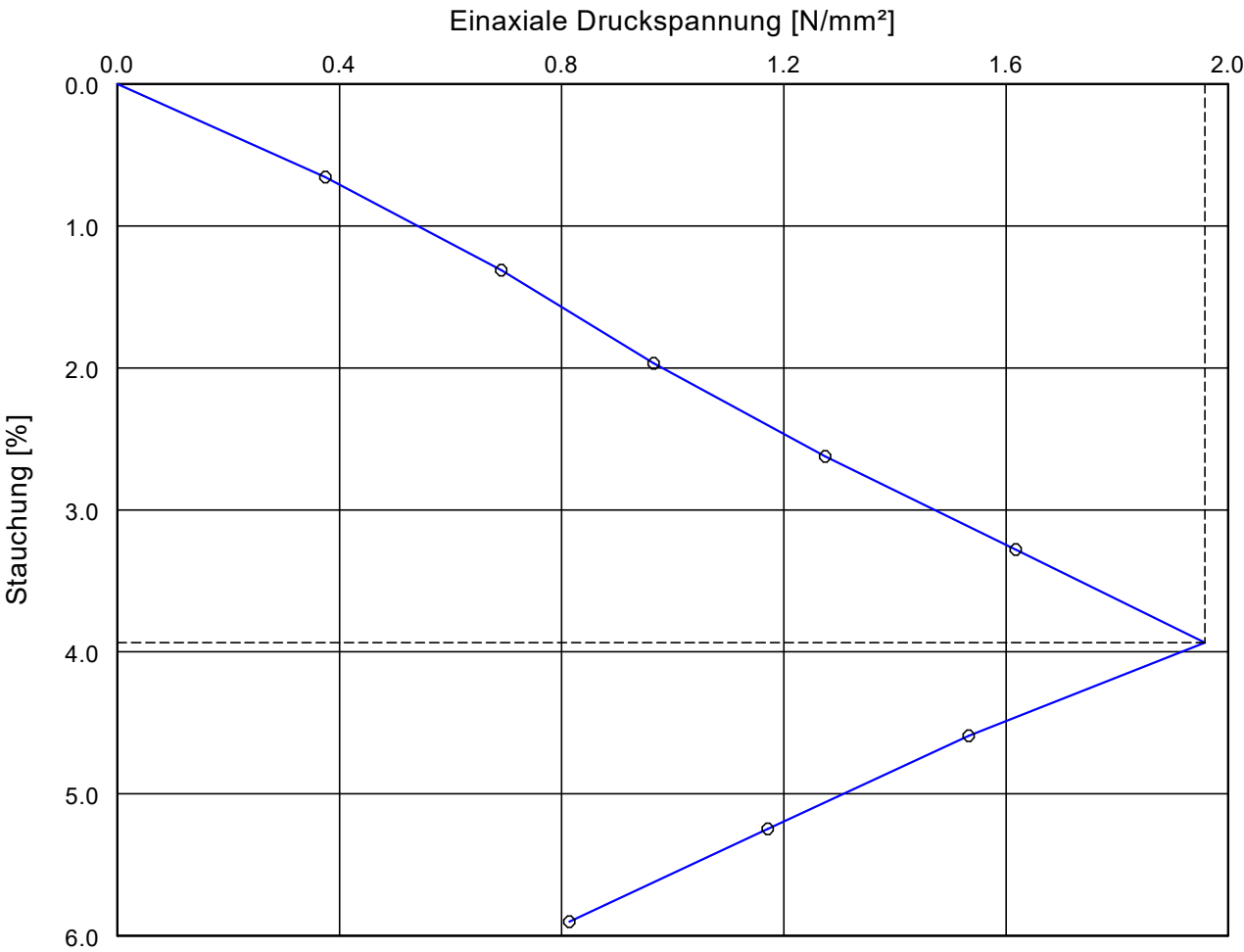
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 03.02.2025

Prüfungsnummer: KB4/13
Entnahmestelle: KB 4
Tiefe: 15,30 - 15,50 m
Bodenart: Sandstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 09.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1233.93

Anfangshöhe [mm] = 152.50

Durchmesser [mm] = 101,5

Dichte [g/cm³] = 2,310

w (vorher) [%] = -

w (nachher) [%] = 5,56

Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 1.958

Stauchung [%] = 3.93

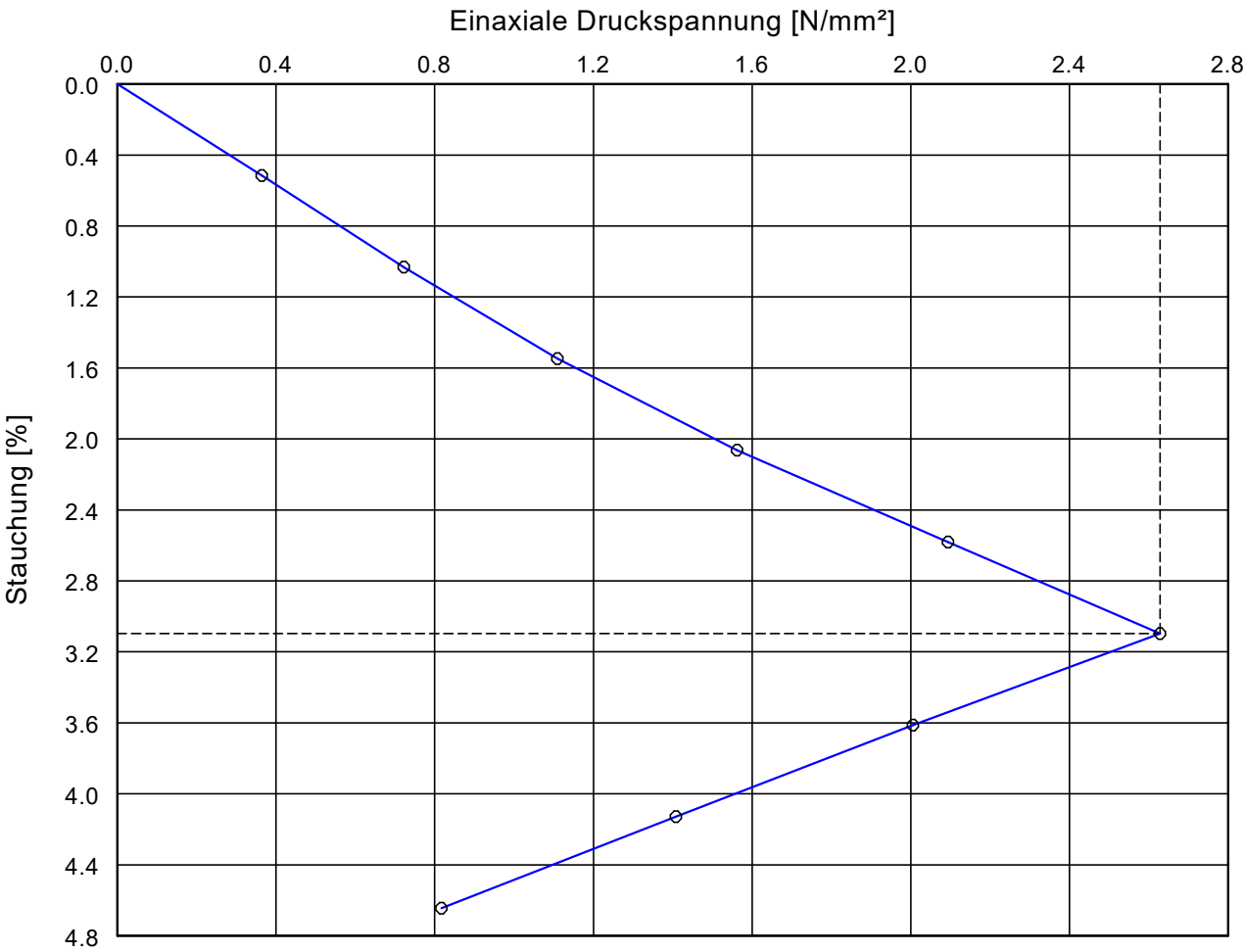
Einaxial-Versuch nach DIN EN ISO 17892-7

Erschließung Baugebiet "Steine"
in Aalen - Fachsenfeld

Bearbeiter: Ho

Datum: 03.02.2025

Prüfungsnummer: KB4/15
Entnahmestelle: KB 4
Tiefe: 19,20 - 19,40 m
Bodenart: Sandstein
Entnahmeart: ungestört
Entnahme: 09.01.2025 durch Sp



Anfangsvolumen [cm³] = 1583.60	Anfangshöhe [mm] = 193.80
Durchmesser [mm] = 102,0	Dichte [g/cm³] = 2,256
w (vorher) [%] = -	w (nachher) [%] = 7,91
Vorschubgeschw. [mm/min] = 1,00	

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 2.628
Stauchung [%] = 3.10



Fotodokumentation		Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung		Anlage:	4.1.1
KB 1 (0 – 12 m)				Az.:	240190
				Datum:	20.01.2025
				Bearbeiter:	Sp
0,0 m				1,0 m	
1,0 m				2,0 m	
2,0 m				3,0 m	
3,0 m				4,0 m	
4,0 m				5,0 m	
5,0 m				6,0 m	
6,0m				7,0 m	
7,0 m				8,0 m	
8,0 m				9,0 m	
9,0 m				10,0 m	
10,0 m				11,0 m	
11,0 m				12,0 m	



Fotodokumentation		Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.1.2
KB 1 (12 – 20 m)			Az.:	240190
			Datum:	20.01.2025
			Bearbeiter:	Sp
12,0 m			13,0 m	
13,0 m			14,0 m	
14,0 m			15,0 m	
15,0 m			16,0 m	
16,0 m			17,0 m	
17,0 m			18,0 m	
18,0 m			19,0 m	
19,0 m			20,0 m	

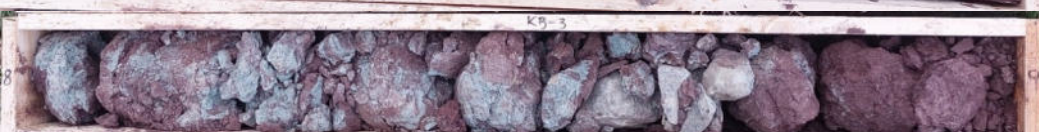


Fotodokumentation	Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.2.1
KB 2 (0 – 12 m)		Az.:	240190
		Datum:	17.01.2024
		Bearbeiter:	Sp
0,0 m		1,0 m	
1,0 m		2,0 m	
2,0 m		3,0 m	
3,0 m		4,0 m	
4,0 m		5,0 m	
5,0 m		6,0 m	
6,0m		7,0 m	
7,0 m		8,0 m	
8,0 m		9,0 m	
9,0 m		10,0 m	
10,0 m		11,0 m	
11,0 m		12,0 m	



Fotodokumentation		Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.2.2
KB 2 (12 – 20 m)			Az.:	240190
			Datum:	17.01.2025
			Bearbeiter:	Sp
12,0 m			13,0 m	
13,0 m			14,0 m	
14,0 m			15,0 m	
15,0 m			16,0 m	
16,0 m			17,0 m	
17,0 m			18,0 m	
18,0 m			19,0 m	
19,0 m			20,0 m	



Fotodokumentation		Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.3.1
			Az.:	240190
KB 3 (0 – 12 m)			Datum:	10.01.2025
			Bearbeiter:	Sp
0,0 m			1,0 m	
1,0 m			2,0 m	
2,0 m			3,0 m	
3,0 m			4,0 m	
4,0 m			5,0 m	
5,0 m			6,0 m	
6,0 m			7,0 m	
7,0 m			8,0 m	
8,0 m			9,0 m	
9,0 m			10,0 m	
10,0 m			11,0 m	
11,0 m			12,0 m	



Fotodokumentation		Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.3.2
KB 3 (12 – 20 m)			Az.:	240190
			Datum:	16.01.2025
			Bearbeiter:	Sp
12,0 m			13,0 m	
13,0 m			14,0 m	
14,0 m			15,0 m	
15,0 m			16,0 m	
16,0 m			17,0 m	
17,0 m			18,0 m	
18,0m			19,0 m	
19,0 m			20,0 m	



Fotodokumentation	Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.4.1
KB 4 (0 – 12 m)		Az.:	240190
		Datum:	09.01.2025
		Bearbeiter:	Sp
0,0 m		1,0 m	
1,0 m		2,0 m	
2,0 m		3,0 m	
3,0 m		4,0 m	
4,0 m		5,0 m	
5,0 m		6,0 m	
6,0m		7,0 m	
7,0 m		8,0 m	
8,0 m		9,0 m	
9,0 m		10,0 m	
10,0 m		11,0 m	
11,0 m		12,0 m	



Fotodokumentation		Erschließung Baugebiet „Steine“ in Aalen Fachsenfeld, Detailerkundung	Anlage:	4.4.2
KB 4 (12 – 20 m)			Az.:	240190
			Datum:	09.01.2025
			Bearbeiter:	Sp
12,0 m			13,0 m	
13,0 m			14,0 m	
14,0 m			15,0 m	
15,0 m			16,0 m	
16,0 m			17,0 m	
17,0 m			18,0 m	
18,0 m			19,0 m	
19,0 m			20,0 m	