


Stadt Geislingen an der Steige
Sachgebiet 3.1 – Immobilienmanagement
Hochbauamt
Schlossgasse 7
73312 Geislingen an der Steige



30.09.2024
Az 22 199

Geotechnischer Bericht

für die
Erweiterung des Helfenstein Gymnasiums
in der Kaiser-Wilhelm-Straße 3
in Geislingen an der Steige

(Ersatz für Bericht vom 11.05.2023)



Inhalt	Seite
1 Vorbemerkungen	4
2 Lage, Vorhaben und geologischer Überblick.....	4
3 Durchgeführte Untersuchungen	5
4 Untersuchungsergebnisse	7
4.1 Schichtaufbau des Untergrundes.....	7
4.2 Grundwasserverhältnisse	12
4.3 Einstufung der erschlossenen Schichten nach DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18304	12
4.4 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen	15
4.5 Erdbebeneinwirkung nach DIN 4149	17
5 Gründung.....	17
5.1 Bohrpfähle	18
5.2 Ramppfähle	21
6 Weitere Hinweise zur Planung und Bauausführung	24
6.1 Baugrube, Aushub und Böschungen, Befahrung der Baufläche	24
6.2 Schutz des Gebäudes gegen Durchfeuchtung aus dem Untergrund	30
6.3 Auflagerung der Bodenplatten	32
6.4 Arbeitsraumverfüllungen, Erddruck auf das Bauwerk	33
6.5 Aufbau von Verkehrsflächen im Außenbereich	34
6.6 Wasserrechtliche Gesichtspunkte.....	36
6.7 Beweissicherung	37
6.8 Oberflächennahe Geothermie.....	37
6.9 Radonbelastung	38
6.10 Kampfmittel im Untergrund	38
7 Schlussbemerkungen	38

Anlagen

- 1.1 Übersichtslageplan, M. 1:10000
- 1.2 Lageplan Erkundungspunkte, M. 1:500
- 1.3 Geologischer Nord-Süd-Schnitt, M. 1:250
- 2.1 – 2.7 Schichtprofile der Kernbohrungen B 1/23 bis B 5/23, B 1/62 bis B 5/62 und B 1a/62 bis B 5a/62
- 3.1 + 3.2 Bodenmechanische Laborergebnisse der Bohrungen B 1/23 bis B 5/23
- 4 Fotodokumentation der Bohrkerne aus den Bohrungen B 1/23 bis B 5/23
- 5 Dokumentation der Bohrunternehmung [REDACTED]
- 6 Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung [REDACTED]
[REDACTED] vom 25.11.2022
- 7.1 + 7.2 Definitionen der Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:2012-09 und DIN 18301:2012-09

1 Vorbemerkungen

Die Stadt Geislingen an der Steige plant die Erweiterung des Helfenstein Gymnasiums westlich des Bestandsgebäudes in der Kaiser-Wilhelm-Straße 3 auf der Fläche eines Sportplatzes nördlich der Schwimmhalle. Ursprünglich war die Erweiterung zwischen dem Bestandsgebäude und der Schwimmhalle geplant. Im Jahr 2023 hat unser Büro bereits die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse am geplanten Standort dafür erkundet und einen Geotechnischen Bericht (Datum: 11.05.2023) erstellt. Um die geänderte Planung zu berücksichtigen, haben wir unseren Geotechnischen Bericht überarbeitet und den vorliegenden Bericht erstellt. Er ersetzt den Bericht vom 11.05.2023.

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes standen uns folgende Pläne zur Verfügung:

- Erweiterung Helfenstein Gymnasium, Vorplanung – Grundrisse, Schnitte und Ansichten, M. 1:100, M 1:200 und M 1:500, Datum: 29.04.2024, [REDACTED]

Des Weiteren wurde uns das Gutachten für die südlich liegende Schwimmhalle zur Verfügung gestellt (Nr. V/2 – 331/62; Datum: 10.09.1962, [REDACTED]). Daraus konnten insgesamt 10 nahegelegene Baugrundaufschlüsse mit in die Auswertung einbezogen werden (vgl. Abschnitt 4.1). Zudem konnten wir auf die Ergebnisse eigener früherer Erkundungen und Beurteilungen zurückgreifen (vgl. unser Gutachten [REDACTED] vom 18.05.1999 und 14.06.1999 für die Erweiterung des Helfenstein Gymnasiums, östlicher Teil). Ergänzend konnten wir die Ergebnisse der geothermischen Erkundung aus dem Jahr 2023 auf dem Gelände des Helfenstein-Gymnasiums (vgl. unseren Dokumentationsbericht [REDACTED] vom 20.10.2023) mit heranziehen.

Anhand der genannten Unterlagen und der Ergebnisse unserer Gelände- und Laboruntersuchungen aus dem Jahr 2023 (vgl. Abschnitte 3 und 4) wurde der vorliegende Geotechnische Bericht erarbeitet.

2 Lage, Vorhaben und geologischer Überblick

Der Standort des geplanten Bauvorhabens liegt im Osten der Stadt Geislingen an der Steige (vgl. Übersichtslageplan Anlage 1.1), westlich des Bestandsgebäudes des Helfenstein Gymnasiums (Flst. 858 und 858/1) und nördlich der Schwimmhalle. Das Baufeld liegt im Bereich eines öffentlichen Sportplatzes auf einer Fläche von ca. 66 m x 45 m (vgl. Anlage 1.2). Der

Sportplatz liegt auf einer Höhe von etwa 457,0 m NN; das Gelände um den Sportplatz fällt von etwa 459,0 m NN im Nordosten auf etwa 455,5 m NN im Westen bzw. Südwesten.

Der Erweiterungsbau ist mit zwei Obergeschossen, einem Erdgeschoss und einem Hanggeschoss geplant. Das Hanggeschoss schneidet an der Ostseite vollständig in das Gelände ein und läuft an der Westseite etwa geländegleich aus. Der Neubau hat im ersten Bauabschnitt rechteckige Abmessungen von ca. 45 m in Nord-Süd-Richtung und ca. 57 m in Ost-West-Richtung. Im zweiten Bauabschnitt soll westlich der Erweiterung ein ca. 9 m breiter Gebäudeabschnitt angebaut werden, sodass die Abmessungen des 1. BA und 2. BA insgesamt ca. 66 m x 45 m betragen. In der Mitte des Grundrisses ist ein Gartenhof mit Abmessungen von ca. 10 m x 15 m geplant.

Der Untergrund im Bereich des Baufelds wird zuoberst von mächtigen Auffüllungen gebildet. Diese werden in einigen Bohrungen zunächst von Quartären Deckschichten (Fließerde und Hangschutt) mit nur geringer Dicke unterlagert. Darunter steht der zunächst zu Verwitterungston zersetzte Obere Braunjura (Ornatenton-Fm. = jmOR) an, der Verwitterungsgrad in dieser Schicht nimmt zur Tiefe ab. Der Braunjura liegt dann in Form von Tonstein mit eingeschalteten Kalk- und Mergelsteinbänken vor.

3 Durchgeführte Untersuchungen

Aus den in Abschnitt 1 genannten Baugrunduntersuchungen von 2023 lagen uns bereits Erkenntnisse über die örtlichen Baugrundverhältnisse vor. Die von unserem Büro dokumentierten Bohrungen aus dem Jahr 1999 (B 1/99 bis B 5/99), die im Zuge der Erkundung für den Erweiterungsbau im Osten durchgeführt wurden, werden nur zur Bestimmung der Festgesteinsoberfläche des Oberen Braunjuras hinzugezogen. Aus der 1962 durchgeführten Erkundung für das südwestlich liegende Schwimmbad können hier für die Beurteilung der Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Neubaus insgesamt zehn Bohrungen mit herangezogen werden (B 1/62 bis B 5/62 und B 1a/62 bis B 5a/62). Die Lage der genannten Baugrundaufschlüsse ist in die Anlage 1.2 eingetragen.

Ergänzend wurden zur direkten Erkundung der tieferen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse im Zeitraum vom 25.01. bis 01.02.2023 von der [REDACTED] fünf Aufschlussbohrungen mit jeweils 12 m bis 18 m Tiefe niedergebracht. Die Ansatzstellen der neuen Baugrundaufschlüsse sind ebenfalls im Lageplan Anlage 1.2 eingetragen und mit B 1/23 bis B 5/23 bezeichnet. Die Ansatzpunkte wurden so gewählt, dass sie im Gebäudegrundriss der ursprünglich geplanten Erweiterung liegen. Da die geänderte Planung teilweise im Bereich der ursprünglichen Planung liegt, können diese Aufschlüsse auch

für diesen Bericht herangezogen werden. Die Ausführung der Bohrungen erfolgte im Ramm- und Rotationskernbohrverfahren mit einem Durchmesser von 146 mm bis 178 mm. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher mit Quellton-Pellets dicht verschlossen.

Zudem wurde zur geothermischen Erkundung nördlich des geplanten Erweiterungsbaus im September 2023 die Pilotbohrung EWS 1/23 mit Ausbau zur Testsonde hergestellt. Die Ansatzstelle ist im Lageplan in Anlage 1.2 eingetragen.

Der erschlossene Schichtaufbau in den 2023 angelegten Baugrundaufschlüssen wurde von unserem Büro nach DIN EN ISO 14688-1 und 14689-1 geologisch und bodenmechanisch aufgenommen.

In den Anlagen 2.1 bis 2.7 sind die anhand der o. g. vorhandenen Baugrundaufschlüsse angetroffenen Untergrundverhältnisse in Form von Schichtprofilen dargestellt.

An repräsentativen Bodenproben aus den 2023 hergestellten Aufschlüssen wurden in unserem Labor folgende bodenmechanische Untersuchungen durchgeführt:

- 28 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1
- 6 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 17892-12

Die Ergebnisse (vgl. Anlagen 3.1 und 3.2) dienen zur genaueren Klassifizierung der Böden und zur Festlegung der in Abschnitt 4.4 angegebenen Bodenkennwerte.

Ergänzend wurden im Zuge der Erkundungsarbeiten aus diesen Proben auch Altlastenuntersuchungen vom [REDACTED] durchgeführt.

Die Fotodokumentation der Bohrkern B 1/23 bis B 5/23 ist als Anlage 4 beigefügt. Die Dokumentation der [REDACTED] Anlage 5 enthalten.

Die Einmessung der Bohrungen B 1/23 bis B 5/23 nach Lage und Höhe erfolgte durch unser Büro mittels GPS-Gerät und ist im Lageplan in Anlage 1.2 dargestellt.

Die im Vorfeld der Baugrunderkundung veranlasste Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung ist als Anlage 6 beigefügt (vgl. auch Abschnitt 6.10).

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Schichtaufbau des Untergrundes

In den Baugrundaufschlüssen wurden von oben nach unten folgende Schichtglieder erschlossen (vgl. Schichtprofile in den Anlagen 2.1 bis 2.7):

- Künstliche Auffüllungen
- Fließerde
- Hangschutt
- Schichten des Oberen Braunjuras
(Oberer Mittlerer Jura/ Dogger ζ/Ornatenton-Fm. = jmOR)
 - Verwitterungston
 - stark verwittert
 - mäßig verwittert

Zur besseren Übersicht sind die jeweils erkundeten Oberkanten des Verwitterungstons und des stark bis mäßig verwitterten Oberen Braunjuras nachfolgend tabellarisch zusammengefasst:

Tabelle 1: Schichtgrenzen und -dicken

Aufschluss	Ansatzhöhe* m NN	Oberer Braunjura (Ornatenton-Fm.)				
		Verwitterungston			stark bis mäßig verwittert	
		Oberkante		Dicke	Oberkante	
		m u. Gel.	m NN	m	m u. Gel.	m NN
B 1/23	456,61	3,0	453,6	3,2	6,2	450,4
B 2/23	459,61	8,0	451,6	1,2	9,2	450,4
B 3/23	456,64	10,0	446,6	1,1	11,1	445,5
B 4/23	457,96	12,9	445,1	2,7	15,6	442,4
B 5/23	457,98	13,9	444,1	1,1	15,0	443,0
B 1/62	455,65	0,9	454,8	4,3	5,2	450,5
B 2/62	455,23	5,1	450,1	3,4	8,5	446,7
B 3/62	455,26	8,2	447,1	3,7	11,9	443,4
B 4/62	455,55	13,2	442,4	1,4	14,6	441,0
B 5/62	455,50	7,6	447,9	2,0	9,6	445,9
B 1a/62	457,69				6,9	450,8
B 2a/62	457,11	5,6	451,5	4,3	9,9	447,2
B 3a/62	457,07				11,5	445,6
B 4a/62	456,77	12,2	444,6	1,8	14,0	442,8
B 5a/62	456,86				11,3	445,6
B 1/99	458,92	4,0	454,9	0,5	4,5	454,4
B 2/99	461,90				7,5	454,4
B 3/99	458,82	5,2	453,6	2,3	7,5	451,3
B 4/99	459,23	8,2	451,0	1,0	9,2	450,0
B 5/99	461,91				9,8	452,1
B 6/99	461,98				9,5	452,5

* zum Zeitpunkt der Ausführung

Zur Veranschaulichung sind im beigefügten Lageplan Anlage 1.2 zu dem jeweiligen Baugrundaufschluss die Ansatzhöhe und die Oberkante des felsartig festen Braunjuras mit angegeben und als Isolinien veranschaulicht.

Hiernach zeigt sich, dass die Oberfläche des felsartig festen Braunjuras im Baufeld von ca. 451 m NN im Norden bzw. Nordosten in südwestliche Richtung um 8 m auf ca. 443 m NN abfällt. Die Oberkante des felsartig festen Bereichs steigt südlich des Baufelds wieder geringfügig an.

In Anlage 1.3 sind die Baugrundverhältnisse in einem schematischen geologischen Nord-Süd-Schnitt dargestellt.

Die Beschaffenheit und bodenmechanischen Eigenschaften der einzelnen geologischen Schichtglieder werden nachfolgend beschrieben:

Künstliche Auffüllungen

In den neu hergestellten Aufschlüssen wurde in allen Bohrungen, außer B 5/23, an der Geländeoberfläche eine Oberflächenbefestigung angetroffen: B 1/23 (Sportplatzaufbau), B 2/23 und B 4/23 (Pflasterbelag), B 3/23 (Asphaltdecke). In der Bohrung B 5/23 wurde eine Oberbodenandeckung angetroffen. Unter den befestigten Oberflächen wurden zunächst mehrere Dezimeter mächtige überwiegend kiesig und sandige Auffüllungen angetroffen. Unter der Oberbodenandeckung in der Bohrung B 5/23 sowie unter den überwiegend körnigen Auffüllungen in den anderen Aufschlüssen wurden größtenteils bindige Auffüllungen mit wechselnden Anteilen an Kies, Sand und Fremdbestandteilen angetroffen. Bei den Fremdbestandteilen in den z. T. bis zu 10 m mächtigen Auffüllungen im ehemaligen Notzental handelt es sich um Glas, Betonstücke, Metallreste, Ziegelstücke, Holz- und Pflanzenreste. Es ist wahrscheinlich, dass auch darüber hinaus noch weitere, davon abweichende Fremdbestandteile wie z. B. Schlacke oder weiterer Industriemüll in der Auffüllung eingelagert sind. Untergeordnet wurden auch Kies-Sand-Ton-Gemische mit geringerem Feinkornanteil in den Auffüllungen angetroffen (B 3/23). Die Konsistenz der bindigen Auffüllungen war überwiegend weich oder weich bis breiig, z. T. aber auch steif. In dem uns vorliegenden Gutachten des Geologischen Landesamts werden die Auffüllungen als locker gelagert beschrieben. Die Mächtigkeit der Auffüllungen variiert stark. In den neu hergestellten Bohrungen betrug sie zwischen 3,0 m (B 1/23) und 9,4 m (B 4/23 und B 5/23). In den Aufschlüssen von 1962 variiert die Dicke der Auffüllung zwischen ca. 0,9 m im Nordwesten (B 1/62) und 10,0 m auf Höhe der nördlichen Seite der Schwimmhalle (B 4/62). In den Schnitten des Geologischen Landesamts aus dem Jahr 1962 ist ersichtlich, dass dort voraussichtlich der tiefste Bereich des Notzentials war. Der Einschnitt spiegelt sich auch in den unter den Auffüllungen natürlich anstehenden Schichten wider. Im Lageplan (vgl. Anlage 1.2) zeigt sich dieser Einschnitt auch an den Isolinen, die die Felsoberkante des Braunjuras darstellen.

Erfahrungsgemäß sind künstliche Auffüllungen in Bezug auf ihre räumliche Verbreitung und Zusammensetzung sehr heterogen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass an anderen Stellen auch Auffüllungen in größerer Dicke und mit anderer Beschaffenheit angetroffen werden, als in den Aufschlüssen erbohrt. Es ist auch nicht auszuschließen, dass in den Auffüllungen Bauwerksreste enthalten sind.

Quartäre Deckschichten (Hangschutt / Fließerde)

Unter den mächtigen Auffüllungen folgten in den Bohrungen B 4/23 und B 5/23 sowie den meisten Bohrungen aus dem Jahr 1962 zunächst noch bindige Deckschichten. Dabei handelt es sich um umgelagertes Material aus topografisch höher liegenden Ablagerungen (Fließerde und Hangschutt). Diese sind zusammengesetzt aus mittelplastischen bis ausgeprägt plastischen Tonböden mit wechselnden sandigen und kiesigen Nebenanteilen. Die Konsistenz war meist steif bis halbfest, untergeordnet auch weich oder fest, wobei weiche Bereiche ggf. durch den Bohrvorgang aufgeweicht wurden. Bei der Modellierung der Oberkante des felsartig festen Braunjuras wurde festgestellt, dass in den Bereichen, in denen Quartäre Deckschichten angetroffen wurden, auch die Felsoberkante besonders tief liegt (B 4/62, B 3a/62, B 4/62, B 5/62 sowie B 4/23 und B 5/23). Nach den Ergebnissen unserer Laboruntersuchungen im Jahr 2023 lag der natürliche Wassergehalt w_n im Hangschutt zwischen 13,6 % und 17,3 % (vgl. Anlage 3.2). Der Hangschutt und die Fließerde sind nach DIN 18196 in die Bodengruppen TM und TA evtl. GT¹ einzuordnen.

Die Oberkante der quartären Deckschichten, falls vorhanden, lag in den Aufschlüssen im Bereich des geplanten Erweiterungsbaus zwischen 455,3 m NN (B 2/23) im Nordosten und 447,2 m NN (B 3a/62) im Süden. Die Dicke der quartären Deckschichten lag zwischen 1,6 m (B 3a/62) und 3,5 m (B 4/23); in B 1/62, B 1a/62 und in B 2/23 wurden keine quartären Deckschichten angetroffen.

Oberer Braunjura (Ornatenton-Fm.)

Die Schichten des Oberen Braunjuras lassen sich aufgrund des zur Tiefe hin abnehmenden Verwitterungsgrads in Verwitterungston und Oberen Braunjura, stark bis mäßig verwittert, gliedern.

¹ TM: mittelplastische Tone ($35 \% \leq w_L \leq 50 \%$)
TA: ausgeprägt plastische Tone ($w_L > 50 \%$)
GT: Kies-Ton-Gemische mit 5 bis 15 Gew.-% bindiger Gemengeteile ($\leq 0,06$ mm)

Verwitterungston:

Der Hangschutt geht zur Tiefe in einen Verwitterungston über, dieser ist in den bindigen Anteilen ähnlich beschaffen, weist jedoch keine sandigen und kiesigen Anteile auf. In den mittelplastischen bis ausgeprägt plastischen Tonen ist eine Restschichtung erkennbar und die Tone gehen zur Tiefe in einen Tonstein über. Bei den Verwitterungstönen handelt es sich um zersetzte Schichten des Oberen Braunjuras. Die Konsistenz des Verwitterungstons war überwiegend steif oder halbfest, vereinzelt fest oder weich.

Nach den Ergebnissen unserer Laboruntersuchungen lag der natürliche Wassergehalt w_n im Verwitterungston zwischen 17,6 % und 27,4 % (vgl. Anlagen 3.1 und 3.2). Der Verwitterungston ist gemäß DIN 18196 in die Bodengruppen TM und TA einzuordnen.

Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert:

Unter dem Verwitterungston wurden in allen Bohrungen stark bis mäßig verwitterte Schichten des Oberen Braunjuras (Ornatenton-Fm.) angetroffen. Diese bestanden in den Aufschlüssen größtenteils aus Tonstein. Vereinzelt waren Mergelsteinbänke oder dünne Lagen aus Kalkstein zwischengelagert. Der Verwitterungsgrad des Braunjuras nimmt mit der Tiefe ab. Zuerst war der Tonstein meist sehr mürb bis mürb, zur Tiefe war er teils mäßig mürb und vereinzelt mäßig hart. Die angetroffenen Mergelsteinbänke waren hart.

Nach den Ergebnissen unserer Laboruntersuchungen lag der natürliche Wassergehalt w_n im Oberen Braunjura, stark bis mäßig verwittert, in den Tonsteinen zwischen 10,6 % und 16,5 %. Im Mergelstein wurden geringere Wassergehalte von 2,1 % bis 2,7 % festgestellt (vgl. Anlagen 3.1 und 3.2).

Die Oberkante des felsartig festen Tonsteinhorizonts fällt zunächst von Norden nach Süden ab und erreicht an der nordwestlichen Ecke der Schwimmhalle das tiefste Niveau von ca. 441,0 m NN (B 4/62), anschließend steigt der Horizont wieder bis auf ca. 445,9 m NN (B 5/62) im Südwesten an. Im Bereich des geplanten Erweiterungsbaus fällt der felsartig feste Tonsteinhorizont von 450,8 m NN (B 1a/62) im Nordosten auf 443,4 m NN (B 3/62) im Süden ab. In B 1a/62 und B 3a/62 traten nur die stark bis mäßig verwitterten Schichten auf, d. h. es wurde keine Überdeckung durch Verwitterungston angetroffen.

4.2 Grundwasserverhältnisse

In den Bohrungen B 3/23 und B 5/23 wurden, noch vor Umstellen des Bohrverfahrens, Grundwasserzutritte festgestellt. Diese wurden bei 6,43 m u. Gel. (B 3/23) bzw. 6,01 m u. Gel. (B 5/23) beobachtet und liegen damit innerhalb der Auffüllungen. Dort kann sich, insbesondere im Übergang zu den unterlagernden natürlich anstehenden bindigen und damit geringdurchlässigen Böden, in geringen Mengen Sickerwasser ansammeln. Ein geschlossener Grundwasserspiegel ist währenddessen jedoch erst in größerer Tiefe und für die geplante Neubebauung nicht mehr relevanter Tiefe in den klüftigen Festgesteinsbänken des Braunjuras zu erwarten. Auch oberhalb des geschlossenen Grundwasserspiegels kann in den teilweise gering durchlässigen Böden lokal und zeitweise Sickerwasserführung und Staunäsebildung auftreten. Diese Staunäsebildung schwankt in ihrer Intensität und Höhenlage je nach Jahreszeit und Witterung. Im Zusammenhang mit der vom Geologischen Landesamt 1962 durchgeführten Baugrunderkundung wurde in den Auffüllungen eine Grundwasserprobe entnommen. Diese Probe wies einen Sulfatgehalt von 1 228 mg/l auf. Demnach ist das Grundwasser als betonaggressiv (XA 2) einzustufen.

Eine oberflächennahe Versickerung von Niederschlagswasser ist hier, innerhalb der erfahrungsgemäß nur sehr gering durchlässigen Böden, nicht oder nur in sehr geringem Umfang möglich.

Der Standort liegt außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten.

4.3 Einstufung der erschlossenen Schichten nach DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18304

Nach den aktuellen Normen DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten) und DIN 18301:2019-09 (Bohrarbeiten) ist der Untergrund in Homogenbereiche mit annähernd gleichartigen Eigenschaften zu untergliedern. Im vorliegenden Fall kann der angetroffene Untergrund entsprechend der oben gegebenen Schichtbeschreibung (vgl. Abschnitt 4.1) nach bodenmechanischen Eigenschaften in die folgenden Homogenbereiche unterteilt werden:

- Homogenbereich 1: **Auffüllung**
- Homogenbereich 2: **Fließerde und Hangschutt, Verwitterungston**
- Homogenbereich 3: **Oberer Braunjura (Ornatenton)**

Für die Ausschreibung sind eventuell enthaltene Schadstoffe bzw. unterschiedliche Einstufungen nach EBV², VwV Boden³ und DepV⁴ bei der Festlegung der Homogenbereiche zusätzlich zu berücksichtigen, die eine weitere Unterteilung erforderlich machen können.

Wo vorhanden, ist der zu schützende Oberboden gesondert abzutragen und einer weiteren Verwendung zuzuführen. Er ist so zu lagern, dass seine ursprünglichen Eigenschaften erhalten bleiben.

Die Eigenschaften der Homogenbereiche sind in der folgenden Tabelle beschrieben. Die bodenmechanischen Rechenwerte sind in Abschnitt 4.4 genannt.

-
- ² EBV: Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV) vom 09.07.2021 (BGBl. I Nr. 43, S. 2598), zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 13.07.2023 (BGBl. I Nr. 186, S. 1); gültig seit 01.08.2023
- ³ VwV Boden: Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 – Az.: 25-8980.08M20 Land/3 –
- ⁴ DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)

Tabelle 2: Einstufung in Homogenbereiche nach DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18304

		Boden	Boden	Fels
Homogenbereich		1	2	3
ortsübliche Bezeichnung		Auffüllungen	Fließerde, Hangschutt, Verwitterungston	Braunjura, stark bis mäßig verwittert
Benennung von Boden / Fels		Körniges Material und Ton mit Fremdbestandteilen	Ton, z. T., sandig, kiesig oder steinig	Tonstein mit eingeschalteten Kalk- und Mergelsteinbänken
Massenanteil an Ton und Schluff sowie Sand und Kies [%]	≤ 0,063 mm	10 – 100	60 – 100	–
	> 0,063 – 2,0 mm	0 – 80	0 – 30	–
	> 2,0 – 63 mm	0 – 80	0 – 30	–
Massenanteil an Steinen und Blöcken [%]	> 63 – 200 mm	< 40	< 20	–
	> 200 – 630 mm	< 30	< 5	–
	> 630 mm	< 10	0	–
Feuchtwichte γ [kN/m ³]		18 – 21	19 – 21	22 – 25
Kohäsion c' [kN/m ²]		0 – 25	5 – 25	≥ 40
undrän. Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]		0 – 300	50 – 300	–
Wassergehalt w_n [%]		10 – 40	10 – 30	–
Plastizitätszahl I_p [%]		15 – 40	20 – 60	–
Konsistenzzahl I_c [–]		0,3 – 1,3	0,7 – 1,3	–
bezogene Lagerungsdichte I_D [%]		20 – 80	–	–
organischer Anteil [%]		< 10	< 3	–
Abrasivität (qualitativ) [–]		schwach	schwach	schwach - abrasiv
Bodengruppe [–]		GW, SW, GU/ GT, GÜ/ GÜ, TL, TM	TM, TA, evtl. GT	–
Verwitterung [–]		–	–	stark - mäßig
Druckfestigkeit [MN/m ²]		–	–	0,5 - 30 (Tonstein) 40 - 100 (Kalkstein)
Trennflächenabstand [cm]		–	–	Tonstein: < 2 - 20 (Schichtflächen/Klüfte) Kalk- u. Mergelstein: 5 - 100 (Schichtflächen/Klüfte)
Trennflächenrichtung [–]		–	–	Schichtflächen: ± horizontal Klüftung: ± vertikal
Öffnungsweite von Trennflächen [–]		–	–	meist gering
Gesteinskörperform [–]		–	–	Tonstein: plattig - bankig

Die Tiefenlage der Übergangsbereiche kann im Baufeld lokal stark schwanken und auch höher oder tiefer liegen, als in den Kernbohrungen abgegrenzt.

In der nachfolgenden Tabelle haben wir auch nochmals die Einstufung in Boden- und Felsklassen entsprechend der zuvor gültigen Fassungen (September 2012) der genannten Normen angeführt:

Tabelle 3: Einstufung in Boden- und Felsklassen nach DIN 18300 und DIN 18301 (alt)

Homogenbereich	Schichtglied	Boden- bzw. Felsklasse	
		nach DIN 18300	nach DIN 18301
1	Auffüllungen*	3, 4, 5	BB 2 – BB 4, ggf. BB 1 BN 1 und BN 2 BS 1 – BS 3
2	Fließerde, Hangschutt, Verwitterungston	4, 5, evtl. 6	BB 2 - BB 4 FV 1
3	Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert	5, 6, z.T. 7	FV 1 - FV 3 FD 1 - FD 3

* in der festgestellten Zusammensetzung und Beschaffenheit ohne Befestigungen, Bauwerksreste und unterirdische Bauteile

Wenn der Bauablauf im Zuge der Ausführungsplanung festgelegt wurde, kann es für die Ausschreibung zweckmäßig sein, die Unterteilung der Homogenbereiche anzupassen. Hierfür stehen wir bei Bedarf gerne zur Verfügung.

Die oben getroffene Einteilung kann ein Aufmaß auf der Baustelle nicht ersetzen. Sollte es zwischen Bauherrschaft und Auftragnehmer zu unterschiedlichen Auffassungen bei der Einstufung des Untergrundes Homogenbereiche kommen, kann der Baugrundgutachter zur Klärung offener Fragen hinzugezogen werden.

Die Definitionen der aktuell nicht mehr gültigen Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:2012-09 und DIN 18301:2012-09 sind zur Information als Anlagen 7.1 und 7.2 beigefügt.

4.4 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Aufgrund der Ansprache der Bodenproben im Feld und im Labor, den Ergebnissen der Laborversuche und unserer Erfahrung mit vergleichbaren Böden können dem anstehenden Baugrund folgende bodenmechanische Kennwerte zugeordnet werden:

Tabelle 4: Bodenmechanische Kennwerte

Schichtkomplex	Wichte [kN/m ³] γ	Reibungswinkel [°] φ'	Kohäsion [kN/m ²] c'	Steifemodul [MN/m ²] E_s
Auffüllungen* körnig bindig**	20	30 - 35	–	20 – 40
	20	22,5 – 27,5	2 – 8	2 – 5
Fließerde und Hangschutt, Verwitterungston	20	22,5	6 – 12	6 – 10
Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert	22	>30***	20 – 25	60 – 100

* in der festgestellten Zusammensetzung und Beschaffenheit ohne Befestigungen, Bauwerksreste und unterirdische Bauteile

** bei weicher Konsistenz

*** Die Scherfestigkeitseigenschaften der Festgesteine schwanken je nach Trennflächengefüge, Verwitterungsgrad und Beanspruchungsrichtung in weiten Grenzen. Entlang vorgegebener Trennflächen können die genannten Bodenkennwerte auch unterschritten werden. Für feste Schichten in geschlossenem Schichtverband werden die angegebenen Werte voraussichtlich nicht unterschritten.

Für Erddruckermittlungen bei geböschten Baugruben sind in der Regel die Kennwerte des Verfüllmaterials maßgebend. Für verdichtet eingebautes Fremdmaterial können folgende Kennwerte angesetzt werden:

Tabelle 5: Kennwerte Verfüllmaterial

Material	Reibungswinkel [°] φ'	Wichte [kN/m ³] γ
Schottergemische	35	21
Kiesgemische (auch Siebschutt)	32,5	21
Bindige Böden (auch Aushubmaterial)*	25	20

* bei $D_{Pr} \geq 97\%$ ist der Ansatz eines Kohäsionswertes von $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ möglich

4.5 Erdbebeneinwirkung nach DIN 4149

Nach DIN 4149:2005-04 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ liegt Geislingen a. d. Steige in der Erdbebenzone 0. Einwirkungen aus Erdbeben müssen daher nicht berücksichtigt werden.

5 Gründung

Der erste Bauabschnitt des Erweiterungsbaus hat Abmessungen von ca. 57 m x 45 m im Hanggeschoss. Im zweiten Bauabschnitt soll der Erweiterungsbau um ca. 9 m im Westen erweitert werden. Die Gesamtabmessungen des Erweiterungsbaus betragen im Hang-, dem Erd- und den beiden Obergeschossen somit 66 m x 45 m. Mittig im Gebäudegrundriss soll ein Gartenhof mit Abmessungen von ca. 10 m x 15 m entstehen, der bis ins Hanggeschoss reicht.

Das tiefste Rohfußbodenniveau (Hanggeschoss) ist auf $-4,23 = 455,17$ m NN geplant. Das Gebäude wird an der Ostseite ca. 4 m in das bestehende Gelände einschneiden. An der Westseite liegt die jetzige Geländeoberfläche nur geringfügig höher als das genannte Fußbodenniveau. Gemäß den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen im gesamten Baufeld mehrere Meter dicke künstliche Auffüllungen an. Die Bauwerkssohle wird deshalb in den künstlichen Auffüllungen verlaufen. Lediglich am Ostrand des Baufeldes wird mit der Aushubsohle evtl. bereits der natürlich anstehende Untergrund (vgl. B 2/23) erreicht.

Die Auffüllung ist inhomogen; sie wurde ohne planmäßige Verdichtung eingebaut und ist nur unter ihrem Eigengewicht konsolidiert. In großen Bereichen weisen die aufgefüllten Böden eine ungünstige Konsistenz auf (weich, breiig bis weich) und enthalten organische Bestandteile (Torf, Pflanzenreste, Holzreste). Die Auffüllung kann deshalb ohne die Gefahr beträchtlicher Setzungen und Setzungsdifferenzen nicht zur Lastabtragung herangezogen werden.

Zum setzungsarmen Lastabtrag kommt hier eine Tiefgründung (Pfahlgründung) in Betracht. Das bestehende Gymnasium ist nach unserer Kenntnis ebenfalls auf Pfählen gegründet. Aus technischer Sicht kommen dabei entweder Bohrpfähle oder Rammpfähle infrage. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es bei der Herstellung von Rammpfählen zu erheblichen Erschütterungen und Lärmemissionen kommt. Ob Lärm und Erschütterungen aufgrund der Nähe der Nachbargebäude hier in Kauf genommen werden können, ist mit dem Bauherrn zu klären. Bohrpfähle können bis in den felsartig festen Oberen Braunjura einbinden, während Rammpfähle auf diesem Horizont aufsetzen. Bei Bohrpfählen können durch die Einbindung in die Tonsteine des Braunjuras auch mit Einzelpfählen hohe Lasten abgetragen werden. Auch eventuelle Bohrhindernisse, z. B. Bauwerksreste, können mit diesem Verfahren durchörtert

werden. Für Rammpfähle stellen ggf. in den Auffüllungen vorhandene Bauwerksreste o. Ä. Hindernisse dar, die evtl. nicht durchrammt werden können.

5.1 Bohrpfähle

Für die Ermittlung der Tragfähigkeit von Bohrpfählen können folgende charakteristische Werte der Mantelreibung $q_{s,k}$ und des Spitzenwiderstands $q_{b,k}$ zugrunde gelegt werden:

Tabelle 6: Bemessungsansätze für Bohrpfähle

Schichtglied (vgl. Anlagen 2.1 bis 2.5)	charakteristischer Wert der Mantelreibung $q_{s,k}$ [KN/m ²]	charakteristischer Wert des Spitzenwiderstands $q_{b,k}$ [KN/m ²]
Künstliche Auffüllungen	–	–
Fließerde, Hangschutt, Verwitterungston	40	–
Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert	260*	3 000*

* Mindesteinbindung im Oberen Braunjura, stark bis mäßig verwittert: 1,5 m

Für die Bemessung und Ausführung der Bohrpfähle geben wir noch folgende Hinweise:

- ▶ Als Bemessungsgrundlage für die Pfahlgründung kann die Oberkante des felsartig festen, stark bis mäßig verwitterten Oberen Braunjuras aus der Tabelle 1 entnommen werden (vgl. Abschnitt 4.1). Zusätzlich sind im Lageplan Anlage 1.2 entsprechende Höhenangaben ergänzt.
- ▶ Die erforderliche Mindesteinbindung in die tragfähigen, felsartigen Braunjura-Schichten (Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert) beträgt 1,5 m.
- ▶ Die angegebenen charakteristischen Werte der Mantelreibung $q_{s,k}$ und des Spitzendrucks $q_{b,k}$ sind mithilfe des Teilsicherheitsbeiwerts für Erfahrungswerte ($\gamma = 1,4$ nach Tabelle A 2.3 der DIN 1054:2010-12) in Bemessungswerte umzurechnen.

- ▶ Die angegebenen Werte der Mantelreibung und des Spitzenwiderstands gelten für Einzelfähle. Bei einem Achsabstand der Pfähle von $a < 3 D$ sind die Werte in Abstimmung mit dem Baugrundgutachter abzumindern.
- ▶ Die voraussichtliche Setzung eines Einzelfahles unter der Gebrauchslast liegt in der Größenordnung von $s \leq 1 \text{ cm}$; hinzu kommt noch der Anteil aus elastischer Verkürzung des Pfahls.
- ▶ Bei Einwirkung von Horizontalkräften kann die Pfahlbeanspruchung aus Querkräften und Biegemomenten näherungsweise mit dem Bettungsmodulverfahren ermittelt werden. Sofern es nur auf die hinreichend zutreffende Ermittlung der Biegemomente ankommt, kann gemäß DIN 1054:2010-12, Abschnitt 7.7, für Einzelfähle im Bereich der einzelnen Baugrundsichten der Bettungsmodul k_s nach der Beziehung $k_s = E_s / D$ ermittelt werden (E_s = Steifemodul, vgl. Tabelle in Abschnitt 5.4; D = Pfahlschaftdurchmesser). Der Nachweis braucht nicht erbracht zu werden, wenn die waagrechten charakteristischen Beanspruchungen für die Bemessungssituation BS-P höchstens 3 % und für BS-T höchstens 5 % der lotrechten Beanspruchung betragen.
- ▶ Die Bohrgeräte und Bohrwerkzeuge müssen in der Lage sein, die anstehenden Schichten bis zur erforderlichen Endtiefe der Pfähle zu durchbohren, um die jeweils erforderliche Pfahleinbindung sicher herstellen zu können.
- ▶ Das eingesetzte Pfahlbohrgerät muss eine ausreichende Reserve hinsichtlich seiner Tiefenreichweite (Bohrtiefe) besitzen.
- ▶ Die Pfahlbohrungen müssen mit Verrohrung ausgeführt werden.
- ▶ Die Bohrarbeiten sind ausschließlich im erschütterungsarmen Drehbohrverfahren auszuführen.
- ▶ Die Klassifikation der natürlich anstehenden Schichten im Hinblick auf die Bohrarbeiten (gemäß DIN 18301) ist in Abschnitt 4.3 zu entnehmen. Es ist zu berücksichtigen, dass der beim Bohren geförderte Boden durch die Bohrarbeiten sein Gefüge verändert und insbesondere der Wassergehalt ansteigt. Hierdurch bedingte erhöhte Entsorgungskosten hat der Bohrunternehmer bei seiner Kalkulation zu berücksichtigen. Maßgebend für die Abrechnung ist die o. g. Klassifikation des anstehenden Bodens.
- ▶ Beim Antreffen von Untergrundverhältnissen, die von der Beschreibung in den Abschnitten 4.1 und 4.2 abweichen, und bei Bohrhindernissen ist die Bauüberwachung zu verständigen.

- ▶ Im Hinblick auf die Wahl des Pfahlbetons sind die Ausführungen in Abschnitt 4.2 zu beachten (Expositionsklasse XA 2).
- ▶ Der Beginn und die Länge der Einbindestrecke, insbesondere die Obergrenze der Festgesteinsschichten (Oberer Braunjura, stark verwittert), ist bei jedem Pfahl festzustellen und zu dokumentieren. Falls der tragfähige Untergrund bereichsweise tiefer einsetzt, als nach den Aufschlussbohrungen zu erwarten und bei der Pfahlbemessung zugrunde gelegt, sind die Pfähle entsprechend zu verlängern.
- ▶ Die Pfahlsohlen müssen sauber beräumt werden (z. B. mit einem Bohreimer), um den vollständigen Kraftschluss verformungsarm sicherzustellen.
- ▶ Sollte in den Pfahlbohrungen Grundwasser angetroffen werden, sind die Pfähle im Kontraktorverfahren zu betonieren (vgl. DIN EN 1536).
- ▶ Für jeden Pfahl ist ein Protokoll entsprechend der maßgebenden Norm und der bauaufsichtlichen Zulassung zu führen sowie der Bauüberwachung zeitnah vorzulegen.
- ▶ Zu Beginn der Pfahlbohrarbeiten und stichprobenartig bzw. in Zweifelsfällen bezüglich der Ansprache und Einstufung der erbohrten Schichten bei den weiteren Pfahlbohrarbeiten soll der Baugrundgutachter zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse hinzugezogen werden.
- ▶ Wir empfehlen, die Ausführungsqualität des Pfahlbetons stichprobenartig mithilfe von Integritätsprüfungen nach der Hammerschlagmethode zu überprüfen.
- ▶ Da die Pfähle in grundwasserführende Schichten einbinden, ist ihre Ausführung in wasserrechtlicher Hinsicht genehmigungspflichtig (vgl. Abschnitt 6.6).
- ▶ Für die Ausführung der Pfahlbohrarbeiten liegt eine Bestätigung der Kampfmittelfreiheit des Baugeländes vor (vgl. Abschnitt 6.10).
- ▶ Für die Herstellung der Bohrpfähle ist eine ausreichend tragfähige Arbeitsebene erforderlich.
- ▶ Im Übrigen sind die Vorgaben des EC 7, der DIN 1054 und der DIN EN 1536 mit DIN SPEC 18140 sowie der EA-Pfähle⁵ sind zu beachten.

⁵ EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2012

Sofern überwiegend nur eine geringe Einbindung in den felsartig festen Untergrund nötig ist oder die anstehenden felsartig festen Tonsteine noch leicht bohrbar sind, können statt der oben beschriebenen herkömmlichen Bohrpfähle (mit diskontinuierlichem Aushub und Verrohrung) auch Bohrpfähle mit kontinuierlichem Aushub mittels einer durchgehenden Bohrschnecke (Endlos-schnecke) und ohne Verrohrung hergestellt werden. Sie werden auch als **SOB-Pfähle** (Schneckenortbetonpfahl) bezeichnet. Beim SOB-Pfahl wird ein dünnes Seelenrohr verwendet. Es handelt sich dabei um Teilverdrängungspfähle, da über die Außenwendel der Schnecke auch Bodenmaterial gefördert wird. Der Beton wird über das Seelenrohr zugegeben. Einzelheiten sind in DIN EN 1536 (Abschnitte 8.1.5 und 8.3.6) beschrieben. In Bezug auf die Bemessung gelten für SOB-Pfähle die gleichen Ansätze und Vorgaben wie für konventionelle Bohrpfähle. Auch die übrigen oben gegebenen Hinweise für Bohrpfähle sind für SOB-Pfähle gültig.

SOB-Pfähle sind meist kostengünstiger als herkömmliche Bohrpfähle. Im Vergleich zu ihnen gibt es jedoch wesentliche Unterschiede in den Ausführungsbedingungen:

Bei SOB-Pfählen wird die erforderliche Bewehrung erst nach dem Einbringen des Pfahlbetons durch Eindrücken oder Einrütteln in den noch frischen Pfahlbeton eingebracht. Bei der Ausführung von SOB-Pfählen muss sichergestellt sein, dass die erforderlichen Bewehrungskörbe in der erforderlichen Länge eingebracht werden können. Hierzu ist voraussichtlich eine zusätzliche Vibrationseinrichtung zum Einrütteln der Bewehrungskörbe erforderlich. Da im vorliegenden Fall vergleichsweise große Pfahllängen erforderlich werden, ist zu klären, ob die Bewehrung hier bis in ausreichende Tiefe eingebracht werden kann.

Bei konventionellen Bohrpfählen können verschiedene Bohrwerkzeuge eingesetzt werden, so dass es in jedem Fall möglich ist, eine vorgegebene Bohrtiefe unabhängig von der Art der anstehenden Boden- oder Felsschichten zu erreichen. Bei Pfählen mit durchgehender Bohrschnecke ist dies nicht der Fall. Hier kann das Bohrwerkzeug nicht gewechselt werden; die erreichbare Eindringtiefe hängt von der Festigkeit des Untergrundes, der Antriebskraft des eingesetzten Drehbohrgeräts und der Art der Bohrschnecke ab. Es kommt deshalb für die ausführende Spezialtiefbauunternehmung darauf an, das Drehbohrgerät und die Art der Bohrschnecke so zu wählen, dass in die anstehenden Böden so weit eingedrungen werden kann, wie es die angesetzte Pfahltragfähigkeit erfordert. Hartgesteinsbänke können in der Regel nicht durchörtert werden.

5.2 Rammpfähle

Alternativ zu Bohrpfählen kommt hier aus technischer Sicht auch eine Gründung mittels **Rammpfählen** in Betracht. Unter den verschiedenen Rammpfahlsystemen sind im vorliegen-

den Fall besonders Betonfertigteiltramppfähle oder Ortbetonrammpfähle geeignet (z. B. System FRANKI). Diese sind hier, gegenüber einer Gründung auf Ortbetonbohrpfählen, voraussichtlich wirtschaftlicher. Das Einrammen der Rammpfähle ist jedoch mit Erschütterungen und Lärmemissionen sowie eventuell negativen Auswirkungen auf benachbarte Bauwerke verbunden (s.o.). Außerdem können Hindernisse im Untergrund (z. B. Bauwerksreste) nicht durchrammt werden. Es ist deshalb mit dem Bauherrn zu klären, ob Rammpfähle hier in Betracht gezogen werden sollen.

Bei **Ortbetonrammpfählen** (System FRANKI mit Innenrohrrammung) wird ein Vortreibrohr mithilfe eines Betonpfropfens mit einem Fallgewicht in den Untergrund gerammt. Nach Erreichen des festen Untergrundes wird die Pfahlbewehrung eingestellt und der Pfahlbeton bei gleichzeitigem Ziehen des Vortreibrohres eingebracht. Durch das Herstellungsverfahren kann die Pfahltiefe gut den jeweiligen Untergrundverhältnissen angepasst werden. Aufgrund der Innenrohrrammung ist die Lärmentwicklung beim System FRANKI geringer als bei Rammpfählen mit Kopframmung.

Bei **Fertigteiltramppfählen** werden vorgefertigte Stahlbetonpfähle mit quadratischem Querschnitt in den Untergrund gerammt. Nach Erreichen des tragfähigen Untergrundes wird der überstehende Pfahlrest gekappt. Die Rammung erfolgt als Kopframmung, deshalb sind hier die Lärmemissionen zu beachten. Sie können durch Einsatz eines Schallschutzkamins verringert werden.

In Abhängigkeit vom verwendeten Pfahlquerschnitt kann bei den genannten Rammpfahlsystemen von folgenden Richtwerten für die zulässige Gebrauchslast (Druckbeanspruchung) eines Pfahls ausgegangen werden:

Tabelle 7: Bemessungsrichtwerte für Fertigteil- und Ortbetonrammpfählen

Fertigteiltramppfähle		Ortbetonrammpfähle System FRANKI mit Fußbemessung	
Querschnitt	Zulässige Gebrauchslast (Druck)*	Durchmesser Vortreibrohr	Zulässige Gebrauchslast (Druck)*
cm	kN	mm	kN
25 x 25	450	420	1 400 – 1 600
30 x 30	700 – 1 000	510	1 800 – 2 000
35 x 35	1 100 – 1 350	560	2 200 – 2 500
40 x 40	1 500 – 1 800	610	2 600 – 3 000

* charakteristischer Pfahlwiderstand $R_{c,k} \approx$ zulässige Gebrauchslast x 2

Zum Entwurf, zur Bemessung und zur Ausführung einer Ramppfahlgründung werden folgende Hinweise gegeben:

- ▶ Es gelten die Vorgaben des EC 7 sowie der Ausführungsnormen für das jeweilige Pfahlssystem; daneben sind die EA-Pfähle sowie die bauaufsichtliche Zulassung des gewählten Pfahlsystems zu beachten.
- ▶ Die Tragfähigkeit der Ramppfähle wird von der ausführenden Firma garantiert. Sie richtet sich nach den Ergebnissen von Probelastungen oder nach entsprechenden Gutachten und Herstellungsrichtlinien. Ein Kriterium für die Festlegung der Tragfähigkeit ist dabei die erforderliche Rammenergie. Beim Einbringen der Ramppfähle wird so lange gerammt, bis der für die angesetzte Tragfähigkeit erforderliche Eindringwiderstand erreicht ist. Bei voller Ausrammung beträgt die Pfahlsetzung unter Gebrauchslast in der Regel weniger als 1 cm.
- ▶ Die exakten Längen der Ramppfähle lassen sich nicht vorhersagen. Sie können nur durch das Rammen von Probepfählen ermittelt werden. Anhand der Ergebnisse der Baugrunderkundung ist jedoch anzunehmen, dass die Pfähle etwa 0,5 m bis 1,5 m tief in den sehr mürben bis mäßig mürben Tonstein des Oberen Braunjuras eindringen. Die etwa zu erwartenden Pfahlfußniveaus können somit auf der Grundlage der vorliegenden Schichtprofile und der in Anlage 1.2 angegebenen Höhenlinien der Oberkante des stark bis mäßig verwitterten Braunjuras abgeschätzt werden.
- ▶ Der Achsabstand der Pfähle soll ein Maß von 3 D nicht unterschreiten (D = Pfahlschaftdurchmesser bzw. -breite). Bei geringerem Abstand ist eine gegenseitige Beeinflussung des Lastabtragungsverhaltens gegeben und es besteht die Gefahr, dass die Pfahlfüße sich gegenseitig berühren und bei der Herstellung Schwierigkeiten entstehen.
- ▶ Der Pfahlwiderstand gegen Horizontalverschiebungen kann näherungsweise nach dem Bettungsmodulverfahren ermittelt werden, sofern es nur auf die zutreffende Ermittlung der Biegemomente ankommt. Der Bettungsmodul kann dabei nach der Gleichung $k_s = E_s/D$ angesetzt werden (k_s = Bettungsmodul, E_s = Steifemodul, vgl. Tabelle in Abschnitt 4.3; D = Pfahlschaftdurchmesser bzw. -breite).
- ▶ Nach den Angaben im EC 7 / DIN 1054 ist die Knicksicherheit von Pfählen nachzuweisen, wenn größere Schichtpakete mit einer undränierten Scherfestigkeit von $c_u \leq 10 \text{ kN/m}^2$ vorhanden sind. Im vorliegenden Fall ist die Konsistenz der Böden zwar teilweise ungünstig, aber die undränierte Scherfestigkeit c_u ist größer als 10 kN/m^2 .

- ▶ Das Einrammen der Rammpfähle ist mit Erschütterungen und Lärmemissionen verbunden. Soweit wir die örtlichen Verhältnisse überblicken, besteht hier keine Gefahr schädlicher Schwingungsemissionen auf benachbarte Baulichkeiten. Wir empfehlen, dies im Vorfeld von einem Fachmann überprüfen zu lassen (Schwingungsgutachten). Außerdem empfehlen wir, gegebenenfalls auch das Thema der Lärmemissionen mit den Spezialtiefbauunternehmen und den Beteiligten (Behörden, Anwohner) zu erörtern.
- ▶ Durch die Bodenverdrängung beim Einrammen der Pfähle treten örtlich Hebungen der Arbeitsebene auf. Diese müssen nach Beendigung der Gründungsarbeiten ausgeglichen werden.
- ▶ Es empfiehlt sich, die Tragfähigkeit der Pfähle stichprobenartig mithilfe von dynamischen Pfahltests prüfen zu lassen.
- ▶ Auch Rammpfähle sind in wasserrechtlicher Hinsicht genehmigungspflichtig, da sie ggf. in das Grundwasser reichen (vgl. Abschnitt 6.6).

Für die Herstellung der Rammpfähle muss für die Befahrung des Baufelds mit dem Pfahlherstellungsgesetz eine ausreichend tragfähige Arbeitsebene geschaffen werden (vgl. nächster Abschnitt 6.1).

Auf die Auflagerung der erdberührenden Bodenplatte gehen wir in Abschnitt 6.3 ein.

6 Weitere Hinweise zur Planung und Bauausführung

6.1 Baugrube, Aushub und Böschungen, Befahrung der Baufläche

Nach dem jetzigen Planstand ist für die Herstellung des Hanggeschosses im östlichen Teil des Erweiterungsbaus ein Geländeeinschnitt von bis zu ca. 4 m erforderlich. Im westlichen Teil läuft das Hanggeschoss nahezu geländegleich aus. Sofern die Platzverhältnisse ausreichen, kann bei einer Böschungshöhe ≤ 5 m eine **geböschte Baugrube** mit den folgenden Regelleigungen nach DIN 4124 ausgeführt werden:

Künstliche Auffüllungen und weiche bindige Böden: $\beta \leq 45^\circ$

Fließerde, Hangschutt, Verwitterungston
(mindestens steife Konsistenz): $\beta \leq 60^\circ$

Dabei sind die Voraussetzungen nach DIN 4124 zu beachten (vor allem: lastfreier Streifen am Kopf der Böschung, kein Durchströmen der Böschung). Wir empfehlen, die Böschung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse mit Folie abzuhängen.

Sollten die Bäume, die aktuell um den Sportplatz wachsen, erhalten bleiben, sind die Platzverhältnisse in Teilbereichen möglicherweise eingeschränkt, sodass hier ein Verbau hergestellt werden muss. Als Baugrubenverbau bietet sich hierbei in erster Linie ein **Trägerbohlverbau** (Berliner Verbau) an. Aufgrund der Baugrubentiefe von maximal etwa 4 m ist dabei teilweise eine Rückverankerung erforderlich. Bei der hier begrenzten Einschnittstiefe und unter Inkaufnahme einer stärkeren Verformung des Verbaus ist auch eine Einspannung im Untergrund denkbar. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann der Verbau auch nur im unteren Teil der Baugrube angeordnet und darüber Böschungen nach den o. g. Vorgaben angelegt werden (Kopfböschung; Höhe abhängig von Platzverhältnissen).

Bei der Planung und Ausführung der Verbauarbeiten sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Der Bemessung sind die Bodenkennwerte aus Abschnitt 4.4 zugrunde zu legen.
- ▶ Als Bemessungsgrundlage für den Verbau können die Schichtgrenzen aus Tabelle 1 angesetzt werden (vgl. Abschnitt 4.1). Im Zuge der Verbauherstellung müssen die angetroffenen Schichten sorgfältig überprüft und gegebenenfalls die jeweiligen Einbindestrecken angepasst werden.
- ▶ Zur Beschränkung von Verformungen und Rissbildungen in angrenzenden Verkehrsflächen sollte zumindest ein leicht erhöhter aktiver Erddruck $E_h = 0,75 \cdot E_{ah} + 0,25 \cdot E_0$ der Bemessung zugrunde zu legen. Im Einflussbereich von Bauwerken und sehr verformungsempfindlichen Leitungen empfehlen wir, einen erhöhten aktiven Erddruck mit $E_h = 0,5 \cdot E_{ah} + 0,5 \cdot E_0$ anzusetzen. Dabei sind außer der Standsicherheit stets auch die zu erwartenden Verformungen des Verbaus nachzuweisen. Weiterhin trägt die Wahl möglichst großer Ankerlängen zur Minimierung von Verformungen bei.
- ▶ Bei der Planung und Ausführung der Verankerung sind die DIN EN 1537, der EC 7 und DIN SPEC 18537 sowie die allgemeinen Entwurfsgrundsätze für Baugruben und Verankerungen^{6,7} zu beachten.

⁶ WICHTER, L., MEININGER W.: „Verpressanker“ in Grundbautaschenbuch, Teil 2, Seiten 375 ff., 8. Auflage 2018, Berlin (Verlag Ernst & Sohn)

⁷ EAB: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 6. Auflage, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2021

- ▶ Bei der Anordnung der Anker und der Träger sind der Verlauf und die Tiefenlage benachbarter Baukörper und Grundleitungen zu beachten. Vor dem Entwurf der Baugrube sind daher entsprechende Erhebungen vorzunehmen. Bei den Bohr- und Verpressarbeiten sind etwaige in der Nähe verlaufende Grundleitungen regelmäßig zu kontrollieren. Das Einbringen von Trägern und Ankern in Nachbargrundstücken bedarf der Zustimmung der betroffenen Grundstückseigentümer.
- ▶ Zwischen den Verpresskörpern der Anker und bestehenden Bauteilen ist ein ausreichender Abstand einzuhalten (Höhenabstand zwischen Verpresskörpern und UG-Fußböden sowie Grundleitungen ≥ 3 m).
- ▶ Die Abschätzung der aufnehmbaren Ankerkräfte liegt im Aufgaben- und Verantwortungsbereich der ausführenden Spezialtiefbauunternehmung, da diese im Wesentlichen vom jeweiligen Bohrverfahren, Bohrdurchmesser, der Länge der Verpressstrecke, dem Verpressdruck und der Anzahl der Nachverpressungen abhängen. Da die Auffüllungen hier sehr tief reichen, werden die Verpresskörper von Ankern voraussichtlich zumindest zum Teil noch innerhalb der Auffüllungen verlaufen. Da diese ungünstig beschaffen sind, sind die erreichbaren Herauszieh Widerstände voraussichtlich gering. Für eine Vordimensionierung des Verbaus kann bei Ankern mit mehrfacher Nachverpressung, Verpresslängen von 6 m und einem Bohrdurchmesser von mindestens 133 mm ein charakteristischer Herauszieh Widerstand von $R_{a,k} \leq 250$ kN angesetzt werden, sofern die Verpresskörper noch in den künstlichen Auffüllungen verlaufen. Das Tragverhalten der Anker ist entsprechend EC 7, DIN 1054 und DIN EN 1537 zu prüfen (Abnahmeprüfungen, ggf. Eignungsprüfung).
- ▶ Bei den Ankerbohrarbeiten sind glatte Bohrlochwandungen möglichst zu vermeiden und es darf kein Wasser zur Spülung eingesetzt werden.
- ▶ Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass im Bereich der Ankerverpressstrecken meist nicht erkundet wurde und so bei Extrapolation des Baugrundaufbaus über die Grundstücksgrenze hinaus Änderungen im Schichtverlauf und in der Qualität des Bodens und damit Auswirkungen auf die aufnehmbaren Ankerkräfte nicht ausgeschlossen sind.
- ▶ Anker sollen entspannt werden, sobald der Neubau in der Lage ist, den Erddruck aufzunehmen.
- ▶ Wo an der Krone des Verbaus Kräne (oder andere Baugeräte etc.) aufgestellt werden sollen, ist deren Last bei der Verbaubemessung zu berücksichtigen oder die Gründung der Kräne muss z. B. mit Pfeilern bis in ausreichende Tiefe unter die Baugrubensohle geführt werden.


- ▶ Bei der Bemessung sind Abgrabungen vor und in der Nähe des Verbaus, z. B. für Fundamente, Drängräben und Unterfahrten zu berücksichtigen.
- ▶ In einer Spritzbetonausfachung, wie auch in einer Spritzbetonschale, sind in regelmäßigem Raster Durchflussöffnungen anzuordnen, damit sich hinter dem Verbau kein Wasserdruck aufbauen kann (vorgeschlagener Richtwert: 1 Öffnung, $\varnothing \geq 100$ mm je $2,0 \text{ m}^2$ Verbaufäche).
- ▶ Ausfachungen aus Holz sollen im Zuge der Arbeitsraumverfüllung rückgebaut werden, da sich ansonsten durch die Verrottung des Holzes langfristig Verformungen (Setzungen) der Arbeitsraumverfüllungen einstellen.
- ▶ Die Träger eines Verbaus müssen in vorgebohrte Löcher eingestellt werden.
- ▶ Das Bohrgerät und die Bohrwerkzeuge sind so zu wählen, dass alle anstehenden Schichten durchbohrt und die erforderlichen Einbindestrecken sicher erreicht werden können.
- ▶ Das eingesetzte Bohrgerät muss eine ausreichende Reserve hinsichtlich seiner Tiefenreichweite (Bohrtiefe) besitzen.
- ▶ Die Bohrarbeiten sind ausschließlich im erschütterungsarmen Drehbohrverfahren auszuführen.
- ▶ Die zu erwartenden Boden- und Felsklassen sind in Abschnitt 4.3 beschrieben und nach DIN 18300 und DIN 18301 eingestuft. Es ist zu berücksichtigen, dass der beim Bohren geförderte Boden durch die Bohrarbeiten sein Gefüge verändert und insbesondere der Wassergehalt ansteigt. Hierdurch bedingte erhöhte Entsorgungskosten hat der Bohrunternehmer bei seiner Kalkulation zu berücksichtigen. Maßgebend für die Abrechnung ist die in Abschnitt 4.3 angegebene Klassifikation des anstehenden Bodens.
- ▶ Bei den Bohrungen für die Verbauträger und die Verankerung müssen die Untergrundverhältnisse sorgfältig überprüft und mit den hier beschriebenen Ergebnissen und den Grundlagen der statischen Berechnung verglichen werden. Beim Antreffen von Untergrundverhältnissen, die von der Beschreibung in Abschnitt 4.1 abweichen, oder bei Bohrhindernissen ist die Bauüberwachung zu verständigen. Die angetroffenen Schichteinheiten sind sorgfältig zu protokollieren.
- ▶ Die Bohrlöcher für die Verbauträger sind so zu verfüllen, dass ein Kraftschluss zwischen Träger und Baugrund hergestellt und eine Längsläufigkeit verhindert wird.

- ▶ Es ist dafür zu sorgen, dass Niederschlagswasser von außerhalb nicht übermäßig dem Verbau zulaufen und diesen auf der Erdseite hinterspülen kann.
- ▶ Die Trägerbohrungen reichen voraussichtlich nicht in grundwasserführende Schichten und reichen nicht tiefer als 10 m. Ihre Ausführung ist deshalb in wasserrechtlicher Hinsicht voraussichtlich nicht genehmigungspflichtig (vgl. Abschnitt 6.6). Unabhängig davon empfehlen wir, diesbezüglich frühzeitig eine Abstimmung mit der Wasserrechtsbehörde vorzunehmen.
- ▶ Im Übrigen sind die Vorgaben des EC 7, der EAB und der DIN EN 1536 zu beachten.

Ein rückverankerter Trägerbohlverbau mit Holzausfachung ist nicht verformungsarm. Falls ein verformungsärmerer Verbau zur Baugrubensicherung hergestellt werden muss, so ist der Trägerbohlverbau mit einer Spritzbetonausfachung auszuführen. In diesem Fall verbleibt der Verbau mitsamt der Träger funktionslos im Untergrund. Die geringsten Verformungen sind für Bohrpfahlwände zu erwarten (aufgelöst oder tangierend). Falls erforderlich, geben wir hierzu gerne nähere Hinweise.

Das **Arbeitsplanum** zur Ausführung der Gründungsarbeiten und ggf. auch das Planum für die Verbauarbeiten wird in bindigen Böden verlaufen. Wir empfehlen deshalb, zum sicheren Aufstellen und Versetzen des Bohrgerätes bzw. Rammgerätes eine Tragschicht vorzusehen, um eine stabile Befahrungsebene zu schaffen (z. B.: $\geq 0,4$ m, Schroppen 0/150 mm oder Tragschichtmaterial 0/45 mm auf Geotextil GRK 3). Schlussendlich sind Art und Dicke des Arbeitsplanums vom eingesetzten Gerät abhängig und vom Auftragnehmer verantwortlich festzulegen.

Bei der Planung und Ausführung des Baugrubenaushubs sind die folgenden Hinweise zu beachten:

- ▶ Wo vorhanden, ist der Oberboden abzuschleppen, geschützt zwischenzulagern und einer Wiederverwendung zuzuführen.
- ▶ Beim Aushub der Baugrube für das Hanggeschoss werden künstlichen Auffüllungen und ggf. bindigen Böden (Fließerde, Hangschutt, Verwitterungston) angeschnitten (vgl. Einstufung in Abschnitt 4.3). Diese lassen sich mit gewöhnlichem Gerät voraussichtlich problemlos lösen.
- ▶ Im Hinblick auf die Wiederverwertung / Entsorgung und abfalltechnische Bewertung des anfallenden Aushubs verweisen wir auf den Bericht des Büro 

- ▶ Die Baugrubensohle wird in Tonböden (Auffüllungen, ggf. Fließerde, Hangschutt / Verwitterungston) verlaufen. Diese Böden neigen bei Wasserzutritten zu tief reichender Durchfeuchtung. Niederschlags- und eventuell anfallendes Sickerwasser ist deshalb möglichst vollständig mittels Abzugsgräben und Dränleitungen zu fassen und zu Pumpensümpfen abzuleiten.
- ▶ Die an der Baugrubensohle (Erdplanum) anstehenden bindigen Böden sind aufgrund ihrer teils ungünstigen Konsistenz und Beschaffenheit ohne zusätzliche Maßnahmen für Baugeräte nicht befahrbar (z. B. Bagger). Hierzu kommt primär der Einbau einer Schottertragschicht zur Herstellung einer **Arbeitsebene** in Betracht, ggf. ist alternativ auch die Stabilisierung des Bodens mit hydraulischen Bindemitteln sinnvoll (Hinweise hierzu vgl. Abschnitt 6.5).
- ▶ Das Material der Arbeitsebene ist lagenweise verdichtet einzubauen, da hierauf anschließend ggf. die Trag- und Filterschicht hergestellt wird. Um Auflockerungen infolge Befahrung der Arbeitsebene zu beseitigen, empfehlen wir, diese vor dem Aufbringen der Trag- und Filterschicht nochmals nachzuverdichten.
- ▶ Wenn die Baugrube bzw. das Erdplanum über längere Zeit offen steht, bevor die Arbeitsebene eingebaut wird, empfiehlt es sich, auf der planmäßigen Aushubsohle zunächst eine Schutzschicht zu belassen (Dicke: ≥ 30 cm), damit die Aushubsohle nicht durch Befahrung oder Witterungseinflüsse gestört oder aufgeweicht wird.
- ▶ Zur Vermeidung von Auflockerungen des Untergrundes, sind das endgültige Aushubplanum und die Böschungen mit einem Baggerlöffel mit unbezahnter Schneide zu profilieren.
- ▶ Bei der Aufstellung von Kränen an der Böschungskrone darf die Standsicherheit der Baugrubenböschungen nicht gefährdet werden.
- ▶ Das in der Baugrube anfallende Wasser (Niederschlagswasser, Sickerwasser) ist mittels Abzugsgräben und Dränleitungen zu Pumpensümpfen zu leiten (offene Tagwasserhaltung).
- ▶ Nach dem Aushub der Baugrube und in allen Zweifelsfällen soll der Baugrundgutachter zur Abnahme der Baugrubensohle hinzugezogen werden.
- ▶ Im Zusammenhang mit dem Schutz des Erdplanums (Aushubsohle) gegen Witterungseinflüsse verweisen wir auch auf Abschnitt 4.4 der ZTV E-StB 17⁸.

⁸ ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

6.2 Schutz des Gebäudes gegen Durchfeuchtung aus dem Untergrund

Das Hanggeschoss schneidet im Osten voraussichtlich etwa 4 m in das Gelände ein. Ein geschlossener Grundwasserspiegel verläuft erst in größerer Tiefe unter der Bauwerkssohle. Auch die bei den Bohrarbeiten in den Auffüllungen festgestellten schwachen Sickerwasserzutritte fanden deutlich unter der Bauwerkssohle statt. Die geplante Teilunterkellerung reicht somit nicht unter den Grundwasserspiegel.

Die hier anstehenden Schichten sind jedoch nur gering durchlässig, sodass Wasser, das in die Arbeitsraumverfüllung eindringt, nur mit erheblicher Verzögerung zur Tiefe versickert. Die Verhältnisse entsprechen dem Fall b nach Bild 1 der DIN 4095 (Stau- und Sickerwasser in schwach durchlässigen Böden). Eine Abdichtung gegen nicht stauendes Sickerwasser entsprechend DIN 18195-4 bzw. gegen nicht drückendes Wasser nach DIN 18533-1⁹ für die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E und Dränmaßnahmen nach DIN 4095 sind deshalb die aus technischer Sicht geeignete Lösung zum Schutz der unter Gelände liegenden Gebäudeteile gegen Durchfeuchtung aus dem Untergrund. Hierzu werden aus geotechnischer Sicht folgende Hinweise gegeben:

- ▶ Erdberührte Wände sind gegen nicht drückendes Sickerwasser abzudichten (DIN 18533- 1). Davor ist eine gut durchlässige Arbeitsraumverfüllung oder eine dauerhaft druckfeste, vertikale Sickerschicht anzuordnen (z. B. Dränmatten).
- ▶ Unter der vertikalen Sickerschicht ist eine Außendränage zu verlegen (empfohlener Durchmesser ≥ 150 mm) und mit kalkarmem Kies (Körnung 8/16 mm) zu ummanteln. Mithilfe eines Filtervlieses an der Grenzfläche zwischen Kies und natürlichem Boden bzw. Kies und einer Arbeitsraumverfüllung aus bindigem oder gemischtkörnigem Material kann das Einspülen von Feinteilen in den Kies und das Dränsystem verhindert werden. Die Dränrohre müssen über eine ausreichend hohe Scheiteldruckfestigkeit verfügen; sie sollen eine allseitige Perforation und eine glatte Innenwandung besitzen.
- ▶ Unter erdberührenden Bodenplatten soll eine mindestens 20 cm dicke Sohlfilterschicht aus einem Splitt-Schotter-Gemisch angeordnet werden (z. B. Körnung 2/32 mm oder 2/45 mm; $D_{Pr} \geq 100$ %).
- ▶ Die Entwässerung der Sohlfilterschicht muss sichergestellt sein (vgl. DIN 4095, Abschnitt 5.4). Jedes von Streifenfundamenten / Pfahlkopfbalken umgebene Feld muss vom Dränsystem erfasst werden. Dazu sind in den Fundamenten Durchflussöffnungen anzuordnen ($\varnothing 100$ mm; Niveau UK Öffnung = UK Filterschicht; Abstand der Öffnungen

⁹ DIN 18533 ersetzt seit Juli 2017 weitestgehend die DIN 18195.

ca. 5 m). Sämtliche Teile des Dränsystems müssen dauerhaft miteinander in hydraulischer Verbindung stehen.

- ▶ Sofern das Erdplanum in bindigen, zuvor nicht hydraulisch stabilisierten Böden verläuft, wird zur filterfesten Trennung empfohlen, an der Unterkante der Sohlfilterschicht ein reißfestes Geotextil zu verlegen (Robustheitsklasse 3). Bleibt die im Vorangegangenen beschriebene Arbeitsebene unter der Sohlfilterschicht eingebaut, so kann auf ein Geotextil verzichtet werden.
- ▶ Die Filterschicht soll durch eine stabile Folie und/oder einen trockenen Unterbeton abgedeckt werden, damit sie nicht beim Betonieren der Bodenplatte zugeschlämmt wird.
- ▶ Auf eine ausreichende Tiefenlage der Dränrohre ist zu achten (OK Dränrohr mindestens noch 5 cm unter OK Filterschicht).
- ▶ In der Sohlfilterschicht sind zusätzliche Dränstränge (DN 100 mm) horizontal zu verlegen, die mit der Ringleitung der Außendränage verbunden werden (Abstand ca. 10 m).
- ▶ Es sind Spülmöglichkeiten bzw. Kontrollschächte vorzusehen (mit tagwasserdichter Abdeckung).
- ▶ Bauteile, die unter das Dränniveau (= Auslaufniveau zur rückstaufreien Vorflut) hinabreichen, sind druckwasserdicht und auftriebssicher auszubilden.
- ▶ Es muss eine jederzeit rückstaufreie Ableitung des Dränwassers gewährleistet sein. Hierbei ist eine Ableitung mit freiem Gefälle anzustreben.
- ▶ Ein Rückstau von Schmutzwasser in das Dränsystem ist zu verhindern.
- ▶ Grundsätzlich sind auch Bodenplatten nach DIN 18533-1 abzudichten. Ob auf eine Abdichtung der Bodenplatten verzichtet werden kann, hängt u. a. von der geplanten Raumnutzung ab (vgl. DIN 18533-1, Abschnitte 5.5 und 8.5) und ist von den Planern zu klären.

Im Übrigen verweisen wir auf DIN 4095 und DIN 18533. Beim Entwurf des Dränsystems können wir gerne behilflich sein.

Es empfiehlt sich, das Außengelände im Bereich der Arbeitsraumverfüllungen mit einem gering wasserdurchlässigen Belag und überall mit einem vom Gebäude nach außen gerichtetem Gefälle zu versehen sowie außerhalb von befestigten Flächen oberflächennah bindiges Material einzubauen (vgl. Abschnitt 6.4). Dies verhindert, dass Oberflächenwasser unmittelbar in

die vertikalen Sickerschichten vor den Außenwänden eindringt. Befestigte Außenflächen (Parkplätze etc.) sind separat zu entwässern. Die Sockelbereiche der Fassaden sind gegen Feuchtigkeitsaufstieg zu sichern und gegebenenfalls mit Fassadenrinnen gegen Zutritt von Oberflächenwasser zu schützen.

In der Dränage wird nur in Ausnahmefällen und auch dann nur in geringem Umfang Wasser anfallen. Es ist im Vorfeld von den Planern zu prüfen, ob die Dränage direkt an den öffentlichen Kanal angeschlossen werden darf, sofern es sich wie hier um eine reine Entfeuchtungsdränage handelt.

Eine Versickerung von Oberflächen- oder ggf. Dränwasser im Untergrund ist aufgrund der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Böden hier nicht in relevantem Umfang möglich.

6.3 Auflagerung der Bodenplatten

Die erdberührenden Bodenplatten des Hanggeschosses verlaufen innerhalb der mächtigen Auffüllungen. Da diese jedoch seit mehreren Jahrzehnten eingebaut sind, dürften die Setzungen unter ihrer Eigenlast abgeschlossen sein. Setzungen infolge der Zersetzung organischer Substanz oder infolge von Schrumpfungen bei Austrocknung können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Soll das Risiko von solchen Setzungen ausgeschlossen werden, empfiehlt es sich, die Bodenplatte freitragend auszubilden. Sofern keine besonderen Anforderungen an die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten der Platte gestellt werden und das Risiko von Setzungen infolge Schrumpfung und Verrottung in Kauf genommen wird, können die Bodenplatten unter Zwischenschaltung der oben beschriebenen Sohlfilterschicht auf dem Untergrund aufgelagert werden. Bei hohen Punktlasten kann es zweckmäßig sein, die Dicke der Sohlfilterschicht zu erhöhen oder darunter eine ≥ 20 cm mächtige Tragschicht (0/45 mm) anzuordnen.

In Bereichen, in denen **Frost** einwirken kann (z. B. westlicher Teil des Hanggeschosses), ist eine ausreichende Frostsicherheit erforderlich.

Bei der geplanten Pfahlgründung des Neubaus sind die Fundamente nicht vom Schrumpfen betroffen. Lediglich bei einer auf dem anstehenden Untergrund aufgelagerten Bodenplatte ist eine Schrumpfunggefährdung nicht auszuschließen. Wir empfehlen daher in diesem Fall, um Gebäudeschäden infolge von Schrumpfungsvorgängen vorzubeugen, die direkte Gebäudeumgebung frei von größerem Bewuchs zu halten, damit keine Wurzeln unter das Gebäude eindringen können (Mindestabstand: ca. 15 m).

6.4 Arbeitsraumverfüllungen, Erddruck auf das Bauwerk

Die Anforderungen an die Verfüllung von Arbeitsräumen hängen maßgeblich davon ab, welche späteren Verformungen (vor allem Eigensetzungen) toleriert werden können. Unter befestigten Außenflächen kommt es auf eine verformungsarme Verfüllung an. Die anstehenden Böden sind für einen verformungsarmen Wiedereinbau ohne vorherige Verbesserung / Aufbereitung nicht geeignet. Hierfür kommen in erster Linie körnige Fremdmaterialien aus gut abgestuften Kornmischen infrage (z. B. Schottertragschichtmaterial nach TL SoB-StB 20¹⁰). Es ist auch möglich, vergleichbar abgestuftes Recyclingmaterial zu verwenden, allerdings muss es güteüberwacht, sulfatfrei und raumbeständig sein (Vorlage eines Prüfzeugnisses mit den entsprechenden Bestätigungen). Auch Siebschutt oder andere gemischtkörnige, weitgestufte Materialien mit einem Feinkornanteil (Korngröße $< 0,06$ mm) von bis zu 15 % sind generell geeignet; sie können aufgrund ihrer bindigen Bestandteile jedoch nicht witterungsunabhängig eingebaut werden. Bei Niederschlägen sind die Arbeiten mit diesem Material daher zu unterbrechen oder mit Gemischen ohne bindige Bestandteile fortzuführen (z. B. Schottertragschichtmaterial, siehe oben).

Das Verfüllmaterial ist lagenweise einzubauen und mit geeignetem Gerät zu verdichten. Wir empfehlen, unter befestigten Flächen über die gesamte Höhe einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100$ % vorzugeben.

Wo Setzungen in Kauf genommen werden (z. B. unter Grünflächen), können auch bindige Böden (bindiges Aushubmaterial) eingebaut werden. Dabei soll das Material so gut wie möglich verdichtet werden, um die Setzungen gering zu halten. Wir empfehlen, einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95$ % einzuhalten, wobei dann noch Setzungen von bis zu 3 % der Verfüllhöhe nicht auszuschließen sind.

Die Arbeitsraumverfüllung soll überall mit einem gering wasserdurchlässigen Belag bzw. Lehmschlag abgedeckt werden (vgl. Abschnitt 6.2).

Für die praktische Durchführung und Prüfung sämtlicher Erd- und Verdichtungsarbeiten gelten die Richtlinien der ZTV E-StB 17.

¹⁰ TL SoB-StB 20: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2020, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

6.5 Aufbau von Verkehrsflächen im Außenbereich

Für die Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen (Straßenbelag, Pflasterflächen) gelten die RStO 12¹¹ sowie die ZTV E-StB 17. Die oberflächennah vorhandenen Tonböden sind nach Tabelle 3 der ZTV E-StB 17 in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen (sehr frostempfindlich). Der Standort liegt nach Bild 6 der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone II. Die erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus lässt sich hiernach anhand der Tabellen 13 und 14 der RStO 12 unter Berücksichtigung der zugrunde gelegten Belastungsklasse ermitteln. Die Belastungsklasse ist von den Planern festzulegen. Üblicherweise wird für Pkw-Parkflächen gemäß Tabelle 5 der RStO 12 die Belastungsklasse Bk0,3 angesetzt; dies ist auch ausreichend für eine Feuerwehrzufahrt. Damit ergibt sich eine Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus für Pkw-Parkflächen von ca. 55 cm. Bei Anlieferungsflächen treten in der Regel höhere Belastungen auf (Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk1,8). Hier ist wahrscheinlich eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von ca. 70 cm erforderlich.

Als Tragschicht-/Frostschutzmaterial empfehlen wir, Schottertragschichtmaterial nach TL SoB-StB 20 zu verwenden.

Für einen Regelaufbau nach RStO 12 ist auf dem Erdplanum (Unterkante Wegebefestigung) ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Auf den im Erdplanum anstehenden Tonböden lässt sich dieser Wert voraussichtlich nicht nachweisen. Es sind deshalb Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich. Dafür kommen folgende Lösungen in Betracht:

Bodenaustausch

Die gering tragfähigen Böden unterhalb des Planums werden bis zu einem vorgegebenen Niveau ausgeräumt und durch verdichtetes, körniges Fremdmaterial ersetzt. Die Dicke des Bodenaustausches hängt vom Verformungsmodul des Untergrundes und von den Verdichtungseigenschaften des Austauschmaterials ab. Sie soll so bemessen sein, dass auf der Oberkante des Austausches (Planum) der Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erzielt wird, sodass darauf ein Regelaufbau nach RStO 12 möglich ist. Anhaltswerte für die erforderliche Dicke liefern Bemessungsdiagramme (z. B. nach FLOSS¹² und nach KÖHLER ET AL¹³). Unter

¹¹ RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln, Arbeitsgruppe „Infrastrukturmanagement“, FGSV 499, Ausgabe 2012/Fassung 2024

¹² FLOSS, R.: ZTV E-StB 09, Fassung 1997, Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau, 2. Aufl., Bonn 1997 (Kirschbaum-Verlag); als Anlage 5 beigelegt

¹³ KÖHLER, U., HEROLD, A., HERING, A.: Dimensionierung von Oberbauten von Verkehrsflächen und die Einschätzung der Tragkraft des Erdplanums. - Vorträge der Baugrundtagung 1998 in Stuttgart. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, 1998

Annahme eines E_{v2} -Wertes auf dem natürlichen Untergrund von 10 MN/m^2 ist hier ein ca. 40 cm dicker Bodenaustausch bzw. eine 40 cm dickere Tragschicht erforderlich.

Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln (vgl. ZTV E-StB 17, Abschnitt 12)

Durch die hydraulische Stabilisierung werden die Eigenschaften des Bodens verbessert, sodass nach der Verdichtung auf dem Planum der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erzielt werden kann. Die erforderliche Bindemittelzugabe beträgt in der Regel 2 – 4 Gew.-% (bezogen auf die Trockenmasse). Bei weicher Konsistenz der Böden sind voraussichtlich größere Bindemittelmengen und mehrere Fräsübergänge erforderlich. Die optimale Zugabemenge kann mit Testfeldern und mit Eignungstests bestimmt werden. Die Zumischung des Bindemittels muss mit einer leistungsfähigen Bodenfräse erfolgen (Frästiefe mindestens 40 cm). Als Stabilisierungsmittel haben sich Kalk-Zement-Gemische als weniger empfindlich gegen Verwehung bewährt. Dies ist im Hinblick auf die mögliche Beeinträchtigung benachbarter Gebäude oder parkender Pkw von Bedeutung. Auch die Verwendung von staubarmen Bindemitteln ist möglich. Ob hier eine Bodenstabilisierung mit Bindemitteln in Betracht kommt, ist mit dem Bauherrn zu klären.

Weitere Hinweise zur Bodenverbesserung

Eine Stabilisierung des Erdplanums mit hydraulischem Bindemittel ist erfahrungsgemäß meist wirtschaftlicher als ein Bodenaustausch, zumal es sich empfiehlt, die Baugrubensohle generell zu stabilisieren (vgl. Abschnitt 6.1).

Im Übrigen wird noch auf folgende Punkte hingewiesen:

- ▶ Wir empfehlen, den Verformungsmodul des natürlichen Untergrundes mittels Plattendruckversuchen (DIN 18134) zu ermitteln, um anhand der Ergebnisse den Umfang und Ablauf der Bodenverbesserung zu planen.
- ▶ Bei der Bodenverbesserung muss das hydraulische Bindemittel homogen eingemischt werden. Optimale Resultate werden bei Einsatz einer Bodenfräse erzielt. Die Zumischung mittels einer Raupe mit Reißzähnen oder Scheibeneggen und dgl. liefert dagegen erfahrungsgemäß keine befriedigenden Ergebnisse.
- ▶ Es empfiehlt sich, die optimale Zugabemenge und die erforderliche Dicke der Bodenverbesserung mithilfe von Testfeldern zu ermitteln und in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen, den Witterungsbedingungen und den Ergebnissen der Verdichtungskontrollen zu variieren. Ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ ist vorzugeben.

- ▶ Die Erdarbeiten zur Bodenverbesserung sind in hohem Maße witterungsabhängig. Bei anhaltend feuchter Witterung sind sie stark behindert oder müssen vollständig eingestellt werden.
- ▶ Die Alternative „Bodenaustausch“ kann auch bei nasser Witterung ausgeführt werden. Gegebenenfalls ist an der Sohle des körnigen Aufbaus ein reißfestes Geotextil zu verlegen (Robustheitsklasse 4), um eine Vermengung des Austausch- bzw. Tragschichtmaterials mit dem Untergrund zu vermeiden.
- ▶ Das unverbesserte Erdplanum bzw. der vorhandene Untergrund sind bei ungünstiger Witterung mit normalen Baufahrzeugen vielfach nicht oder nur schwer befahrbar. Es ist deshalb voraussichtlich erforderlich, die in Abschnitt 6.1 beschriebene Arbeitsebene oder Baustraßen auf dem hydraulisch stabilisierten Untergrund anzulegen. Auf ein geotextiles Vlies kann in diesem Fall verzichtet werden.
- ▶ Der erzielte Verformungsmodul bzw. Verdichtungsgrad auf dem Erdplanum sowie auf der ungebundenen Tragschicht ist mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 und/oder Dichteproofungen nach DIN 18125 im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung zu kontrollieren (vgl. ZTV E-StB 17). Wir sind gerne bereit, entsprechende Kontrollen durchzuführen.

6.6 Wasserrechtliche Gesichtspunkte

Maßnahmen und Bauarbeiten, die in grundwasserführende Schichten reichen oder mit dem Grundwasser in Zusammenhang stehen, bedürfen der Zustimmung der Unteren Wasserbehörde. Folgende Punkte sind hier ggf. wasserrechtlich relevant:

- Pfahlgründungsarbeiten bis unter den Grundwasserspiegel (vgl. Abschnitt 5)
- evtl. Herstellung Trägerbohrungen (vgl. Abschnitt 6.1)

Wir empfehlen, die Maßnahmen frühzeitig mit der Behörde abzustimmen und dabei Art und Umfang des Verfahrens sowie die vorzulegenden Antragsunterlagen zu klären. Von Behördenseite können Auflagen erteilt werden, die von den hier gegebenen Empfehlungen abweichen oder darüber hinausgehen. Wir sind gerne bereit, den wasserrechtlichen Antrag auszuarbeiten und im Namen der Bauherrschaft einzureichen.

Für die durchgeführten Erkundungsbohrungen im Jahr 2023 (vgl. Abschnitt 3) haben wir gemäß § 43 Wassergesetz Baden-Württemberg bei der Unteren Wasserbehörde eine wasserrechtliche

Genehmigung beantragt. Die Arbeiten wurden unter Beachtung der Auflagen in der wasserrechtlichen Entscheidung vom 09.11.2022 ausgeführt. Entsprechend den Auflagen in der genannten Entscheidung haben wir die Ergebnisse der Baugrunderkundung an die Untere Wasserbehörde übersandt. Zusätzlich wurden die Bohrungen dem [REDACTED] [REDACTED] angezeigt und die Ergebnisse übermittelt.

6.7 Beweissicherung

Auch bei fachgerechter Ausführung der Arbeiten können infolge der Gründungsarbeiten sowie infolge von Erschütterungen durch Baufahrzeuge, Verdichtungsgeräte etc. Schäden an Nachbargebäuden nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Wir empfehlen daher, vor Beginn der Bauarbeiten an den Nachbargebäuden durch einen unabhängigen Sachverständigen eine Beweissicherung durchführen zu lassen, soweit die Eigentumsverhältnisse oder Umstände, die wir nicht übersehen, dies nicht entbehrlich erscheinen lassen. Die Beweissicherung dient der Bauherrschaft vor allem auch zur Abwehr unberechtigter Schadenersatzansprüche.

6.8 Oberflächennahe Geothermie

Im September 2023 wurde nördlich des geplanten Erweiterungsbaus zur geothermischen Erkundung eine Pilotbohrung (EWS 1/23; vgl. Anlage 1.2) bis 200 m unter Gelände mit Ausbau zur Testsonde hergestellt und darin ein Thermal Response Test (TRT) ausgeführt.

Nach den Erkundungsergebnissen ist der Standort für eine geothermische Nutzung mit Erdwärmesonden sehr gut geeignet. Eine Geothermie-Anlage kann dabei aufgrund der möglichen Bohrtiefe und der hohen Untergrundtemperatur voraussichtlich einen wesentlichen Anteil der Heizleistung von bestehenden und geplanten Gebäuden abdecken. Die hohe Ausgangstemperatur ist für eine Gebäudekühlung eher nachteilig. Besondere bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten (Sulfatgesteine, Karsthohlräume, starke Grundwasserzutritte, etc.) traten hier bis zur Tiefe von 200 m nicht auf.

Für die weitere Planung einer Geothermie-Anlage mit etwa 25 Erdwärmesonden sind wir bereits beauftragt.

6.9 Radonbelastung

Der Schutz vor Radon ist im Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) geregelt. Demnach sind Bauherren bei Neubauten neuerdings verpflichtet, bauliche Maßnahmen zu ergreifen, um den Eintritt von Radon in das Gebäude zu verhindern. Hinsichtlich der zu treffenden Maßnahmen ist jeweils nach Einzelfall zu entscheiden. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) stellt hierfür auf seiner Homepage (www.bfs.de) neben einem empfehlenswerten Radon-Handbuch verschiedene Karten zur Verfügung, aus denen Aussagen über die wahrscheinliche Radonkonzentration im Boden abgeleitet werden können.

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte des Bundesamtes für Strahlenschutz in einem Gebiet, in dem eine Radonkonzentration im Boden von 75 kBq/m^3 ermittelt wurde.

Der Wert liegt in der vierthöchsten vom Bundesamt für Strahlenschutz ausgewiesenen Kategorie hinsichtlich der Radonkonzentration im Boden ($60 - 80 \text{ kBq/m}^3$), jedoch außerhalb eines sog. Radonvorsorgegebietes. Für diese Belastung ist das erdberührte Hanggeschoss auszuliegen, wobei nach Strahlenschutzgesetz und der Strahlenschutzverordnung hierbei die Maßnahmen zum Feuchteschutz (vgl. Abschnitt 6.1) bereits ausreichend wären. Wir weisen jedoch darauf hin, dass der Aufstieg von Radongas kleinräumig schwanken kann und im Baufeld abweichende Bodengaskonzentrationen auftreten können. Um Sicherheit über den tatsächlich erreichten Radonschutz zu erhalten, empfehlen wir einfach durchzuführende Radonmessungen nach der Fertigstellung des Gebäudes oder eventuell auch schon im Bestand.

6.10 Kampfmittel im Untergrund

Im Vorfeld der Baugrunduntersuchungen wurde eine Luftbildauswertung auf etwaige Kampfmittel für das Baufeld veranlasst (vgl. Anlage 6). Nach dem Ergebnis der Luftbildauswertung sind keine weiteren Maßnahmen im Hinblick auf Kampfmittel erforderlich.

7 Schlussbemerkungen

Die Baugrundverhältnisse am Standort des geplanten Erweiterungsbaus wurden auf der Grundlage von fünf im Jahr 2023 durchgeführten und einigen älteren Kernbohrungen beschrieben und beurteilt. Es wird eine Gründung auf Pfählen (Bohr- oder Rammpfähle) vorgeschlagen.

Die Angaben im vorliegenden Bericht beziehen sich auf die Untersuchungsstellen. Abweichungen von den hier beschriebenen Befunden können nicht ausgeschlossen werden. Bei der Bauausführung ist deshalb eine ständige und sorgfältige Kontrolle der Untergrundverhältnisse im Vergleich zu den Folgerungen im Bericht erforderlich. In allen Zweifelsfällen ist der Baugrundgutachter zu verständigen.




Die hier gegebenen Hinweise zur Abgrenzung der Bodenklassen können nicht als Grundlage für verbindliche Massenermittlungen dienen und ein Aufmaß während der Ausführung nicht ersetzen.

Für die Beantwortung von geotechnischen Fragen im Zuge der weiteren Planung und Bauausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

30. September 2024



Top. Karte 1:25000 Baden-Württemberg (2017), Maßstab 1:10000
 ©Copyright: siehe Hinweis auf dem verwendeten Datenträger (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung)

		GEISLINGEN a. d. STEIGE	
		Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3	
		Anlage	1.1
		Az	22 199
		Datum	30.09.2024
		Maßstab	1:10 000
		Bearbeiter	



Linien gleicher Höhe, Oberkante Braunjura, stark bis mäßig verwittert [m NN]

EWS 1/23

im September 2023 ausgeführte Testsonde

B 3/99

Bohrungen ausgeführt 1999 für unser Büro

B 3/23

Bohrungen ausgeführt 2023 für unser Büro

B 5/62

Bohrungen, ausgeführt 1962 für das Geologische Landesamt Baden-Württemberg

455,50

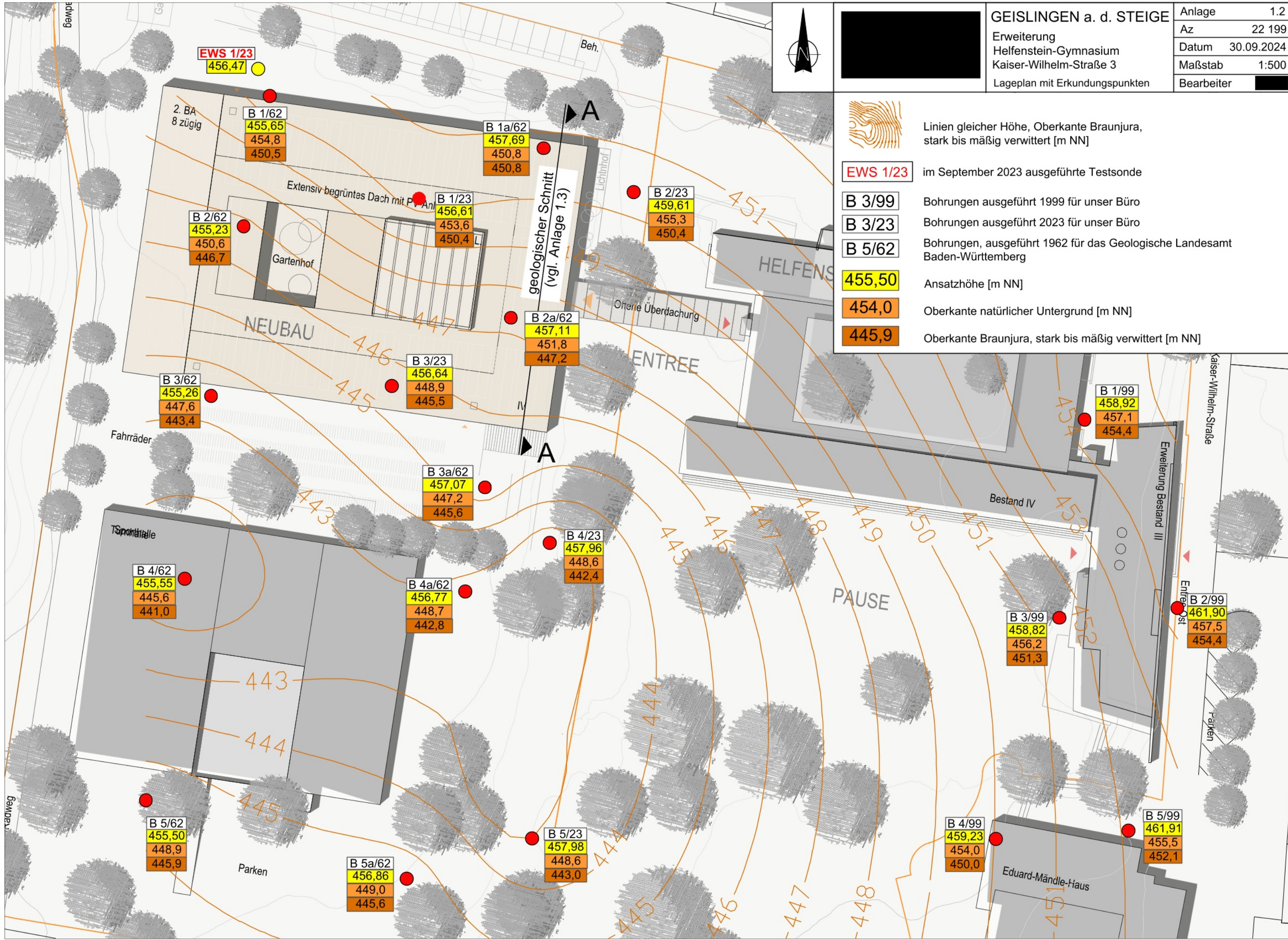
Ansatzhöhe [m NN]

454,0

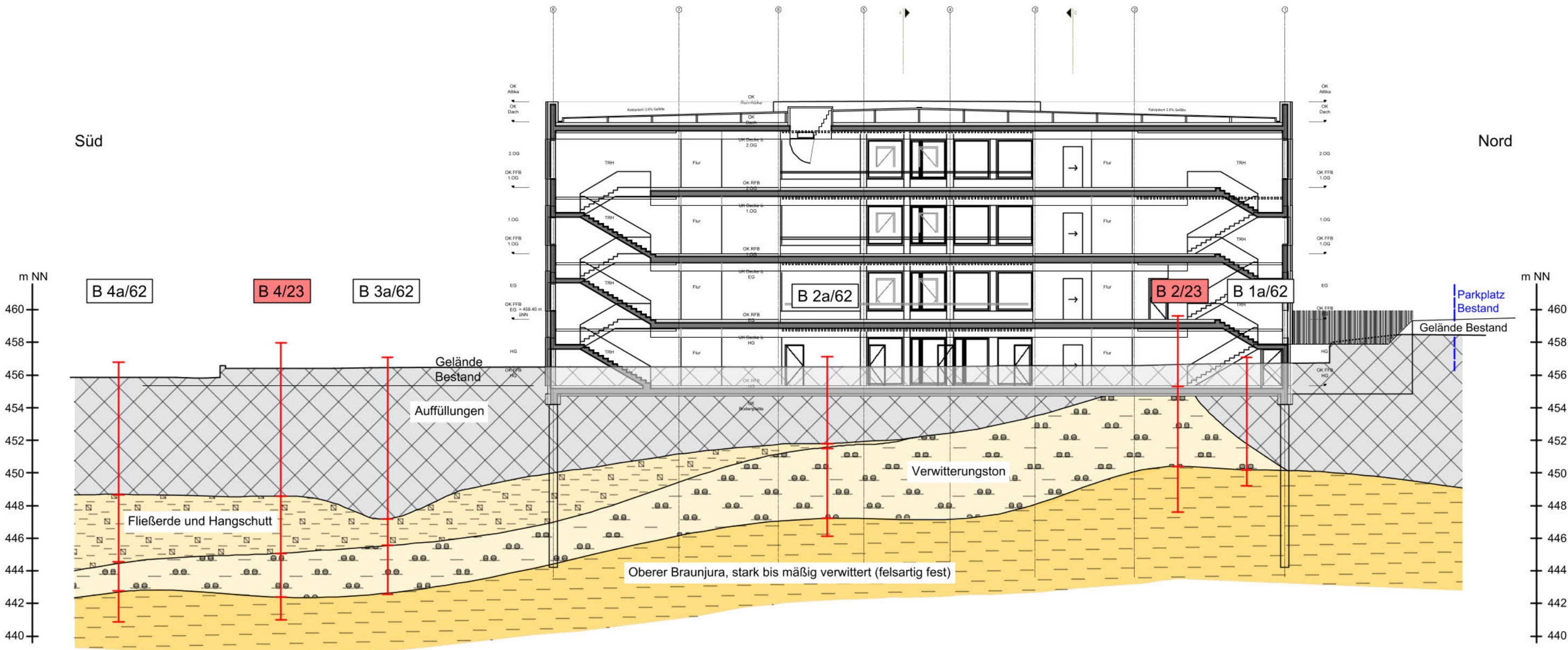
Oberkante natürlicher Untergrund [m NN]

445,9

Oberkante Braunjura, stark bis mäßig verwittert [m NN]



Geologischer Schnitt A - A



- B x/23 = Bohrungen ausgeführt 2023 für unser Büro
- B x/62 = Bohrungen ausgeführt im Jahr 1962 für das geologische Landesamt Baden-Württemberg
- = Auffüllungen
- = Fließerde und Hangschutt
- = Verwitterungston
- = Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert (felsartig fest)



GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung
 Helfenstein-Gymnasium
 Kaiser-Wilhelm-Straße 3
 Geologischer Schnitt


Anlage	1.3
Az	22 199
Datum	30.09.2024
Maßstab	1:250
Bearbeiter	


Schichtprofile der Kernbohrungen B 1/23 bis B 5/23,
B 1/62 bis B 5/62 und B 1a/62 bis B 5a/62


(7 Blätter)

Legende:

B x/xx Aufschlussbohrung Nr./Jahr

 GW Wasserstand im Bohrloch

 gestrichelte Linie links der Profilsäule:
Bohrung im Rammkernverfahren (Schappe)

 Doppelstrich links der Profilsäule:
Bohrung im Rotationsverfahren mit Doppelkernrohr
und Spülwasserzugabe

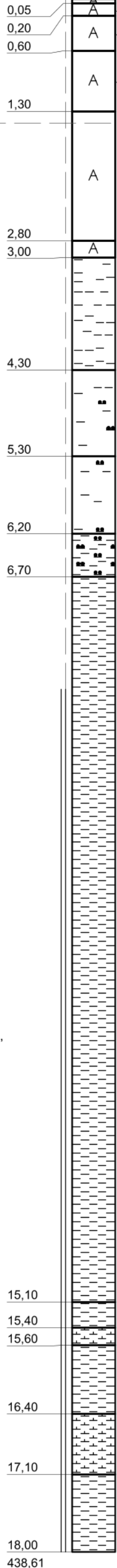
Konsistenzen/Beschaffenheit
(Signatur rechts der Profilsäule):

breiig weich steif halbfest fest



B 1/23

▽ +456,61 m NN



- 0,05 Auffüllung, (Sportplatzaufbau), rotorange
- 0,20 Auffüllung, (Tragschicht: Kies, schwach tonig bis tonig), graubraun
- 0,60 Auffüllung, steif, (Ton, mittelplastisch, kiesig (Ziegel-, Schluffstein-, Tonstein-, Kalksteinstücke)), braun
- 1,30 Auffüllung, steif, (Ton, mittelplastisch, z. T. ausgeprägt plastisch, bei 0,5 m: einzelne Kalksteinstücke in Kies-Größe), braungrau, z. T. schwarz fleckig OK RFB UG = - 4,23 m = 455,17 m NN
- 1,50 Auffüllung, steif bis weich, z. T. steif, (Ton, leicht plastisch bis mittelplastisch, teilweise sandig, teilweise schwach kiesig bis kiesig, Dachziegelstücke, Kalksteinstücke), braun
- 2,80 Auffüllung, steif, (Ton, mittelplastisch, vereinzelt Ziegelstücke und Kalksteinstücke), braun, teilweise schwarz
- 3,00
- 1,30 Ton, mittelplastisch bis ausgeprägt plastisch, steif, ocker, braun
- 4,30
- 1,00 Ton, mittelplastisch, schluffig, steif bis halbfest, ocker, braun
- 5,30
- 0,90 Ton, mittelplastisch, schluffig, halbfest, ocker, braun
- 6,20
- 0,50 Schluff-Tonstein, sehr mürb, schwache Schichtungsmerkmale, dünnplattig, ocker, braun, ab 6,5 m grau
- 6,70
- 8,40 Tonstein, mürb bis mäßig hart, dünnplattig bis dickplattig, geschichtet, vereinzelt Kluffflächen mit Rostbelägen, dunkelgrau
- 15,10
- 0,30 Tonstein, mäßig mürb bis mäßig hart, dunkelgrau
- 15,40
- 0,20 Mergelstein, hart, 2 Kernstücke, grau
- 15,60
- 0,80 Tonstein, mürb, dünnplattig bis dickplattig, geschichtet, vereinzelt Kluffflächen mit Rostbelägen, dunkelgrau
- 16,40
- 0,70 Mergelstein, hart, Kernstücke bis 20 cm, im oberen Teil klüftig, grau
- 17,10
- 0,90 Tonstein, mäßig mürb, dickplattig, dunkelgrau
- 18,00
- 438,61

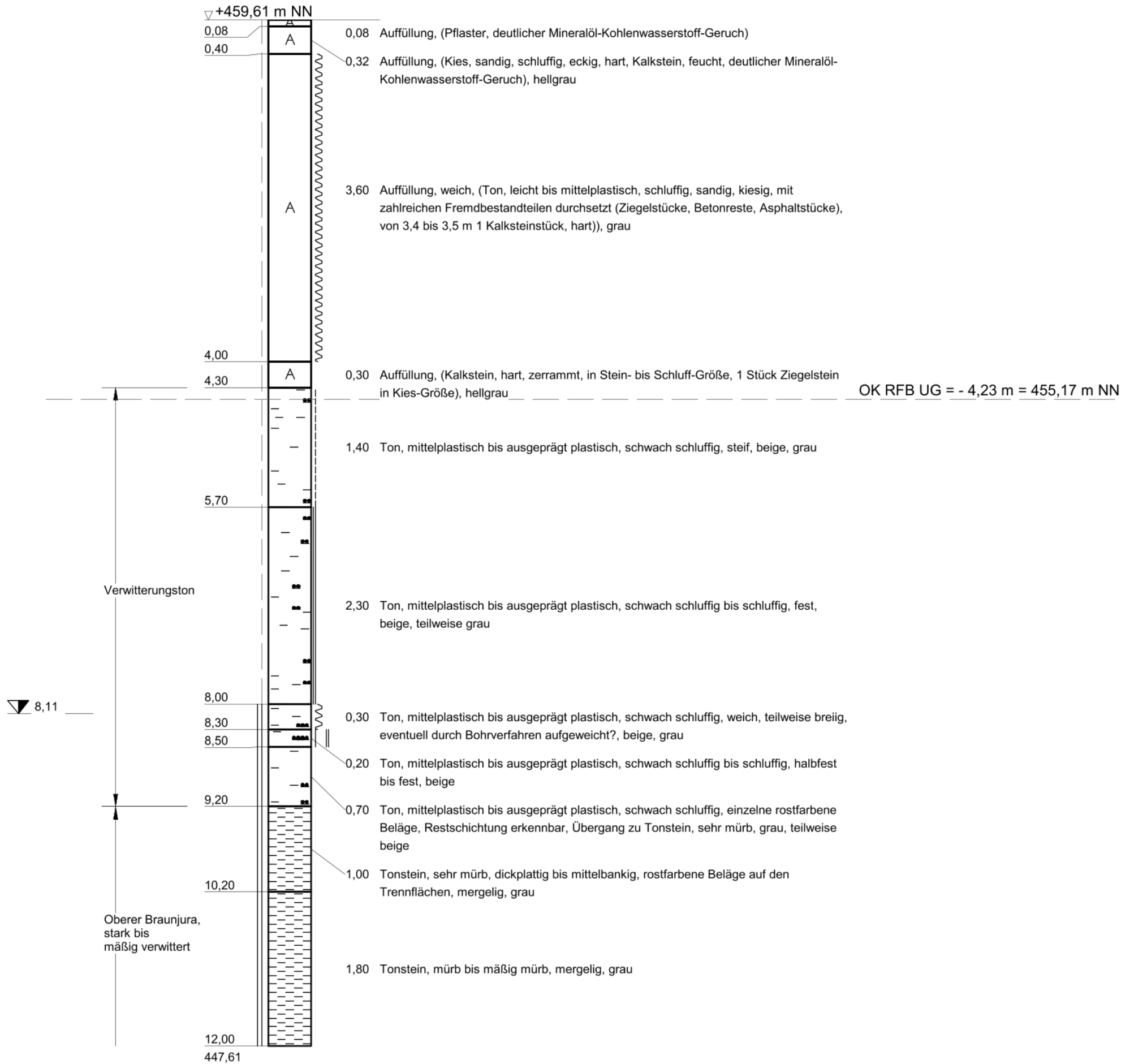
Verwitterungston

Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert

▽ 15,22

	Projekt:	GEISLINGEN a. d. STEIGE Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3	Anlage	2.1
			Az	22 199
			Datum	30.09.2024
			Maßstab	1 : 50
			Bearbeiter	

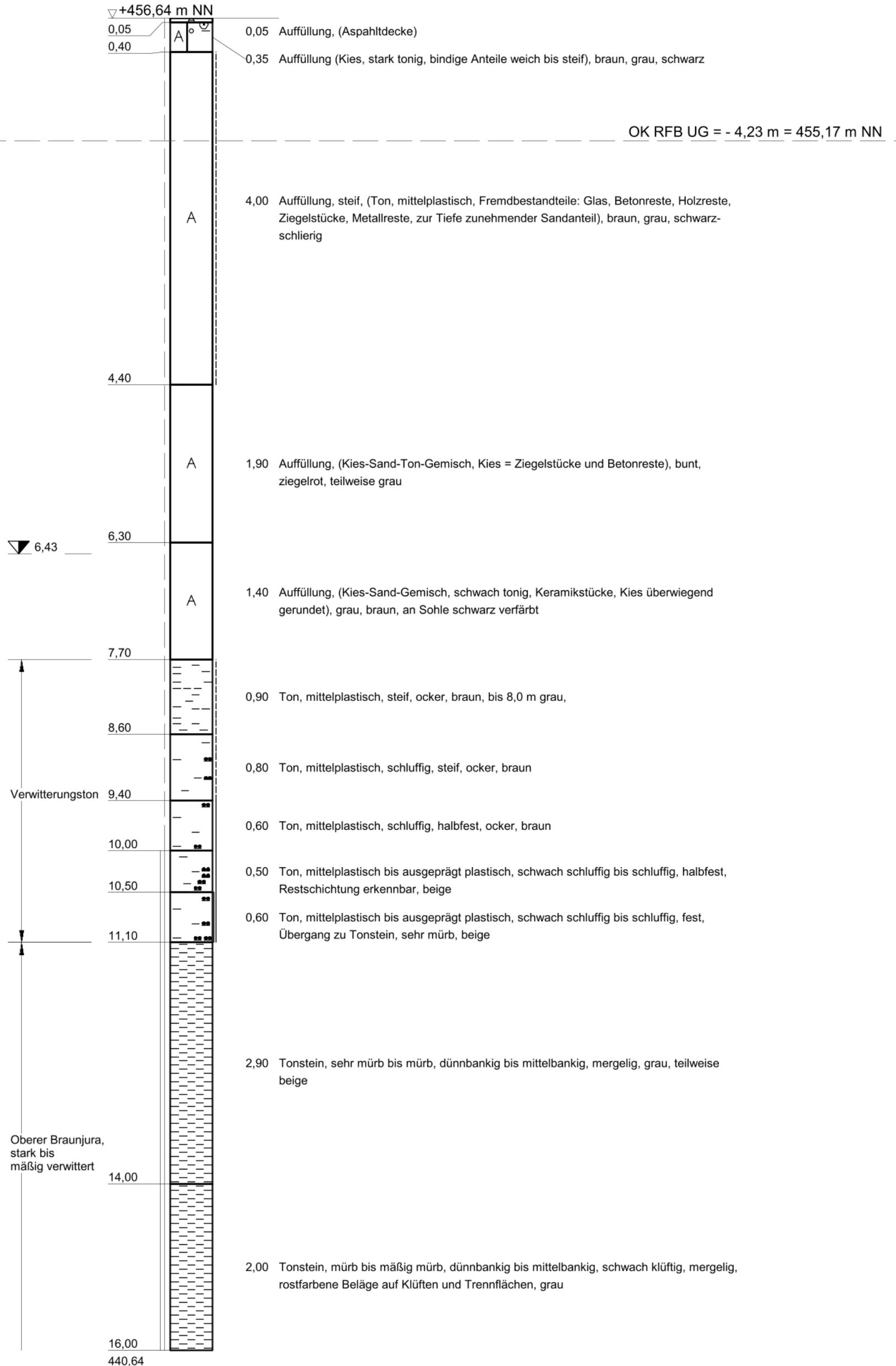
B 2/23



Projekt:
GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung Helfenstein Gymnasium
 Kaiser-Wilhelm-Straße 3

Anlage	2.2
Az	22 199
Datum	30.09.2024
Maßstab	1 : 50
Bearbeiter	

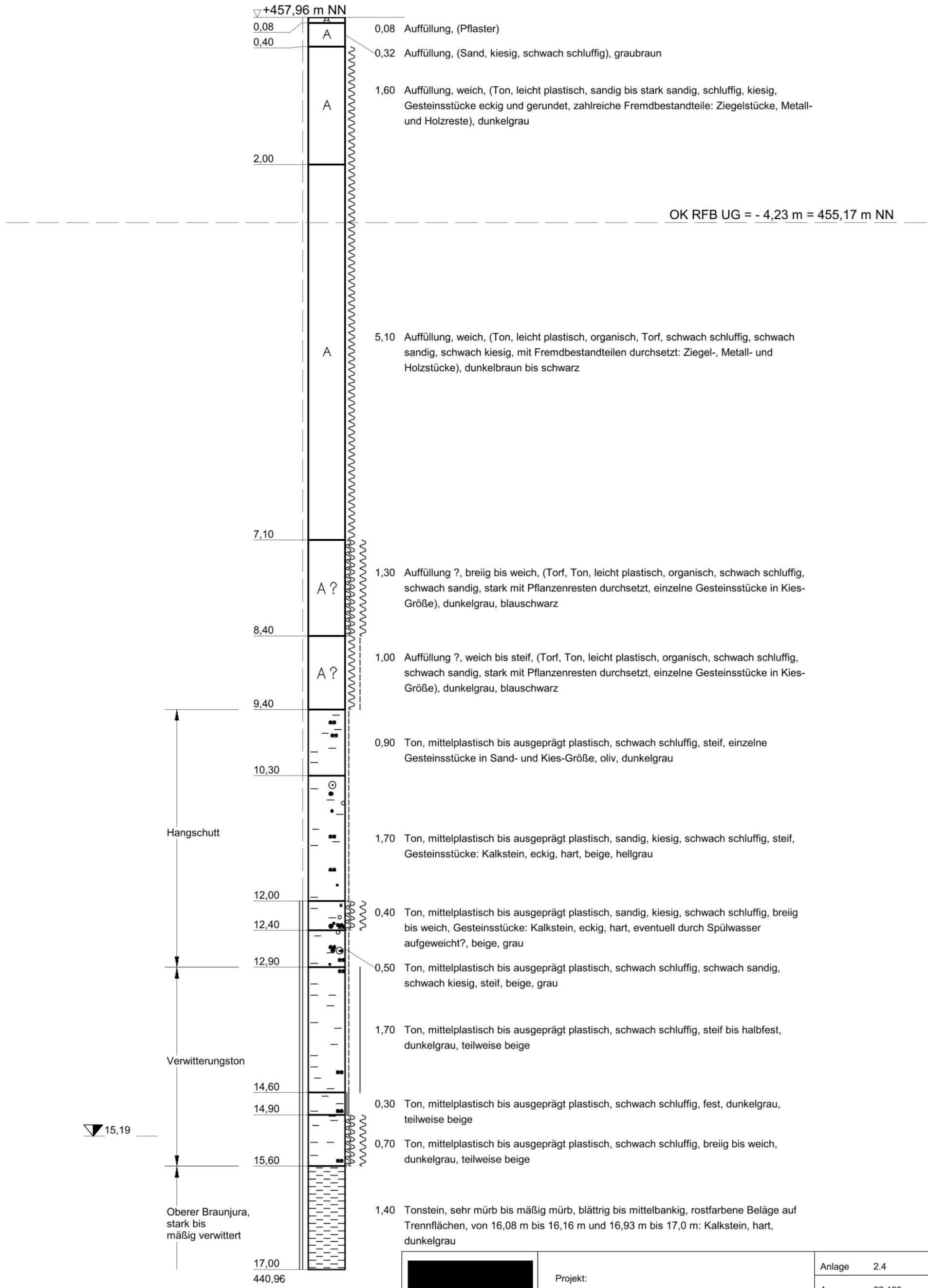
B 3/23




Projekt:
 GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung Helfenstein Gymnasium
 Kaiser-Wilhelm-Straße 3

Anlage	2.3
Az	22 199
Datum	30.09.2024
Maßstab	1 : 50
Bearbeiter	

B 4/23



Projekt:
GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung Helfenstein Gymnasium
 Kaiser-Wilhelm-Straße 3

Anlage	2.4
Az	22 199
Datum	30.09.2024
Maßstab	1 : 50
Bearbeiter	

B 5/23

▽+457,98 m NN

0,20

A

0,20 Auffüllung, weich, (Oberbodenandeckung mit Grasbewuchs, Ton, leicht plastisch bis mittelplastisch, schwach schluffig bis schluffig, durchwurzelt), braun

A

2,80 Auffüllung, weich, teilweise steif, (Ton, leicht plastisch bis mittelplastisch, schwach schluffig bis schluffig, schwach sandig, schwach kiesig, mit Ziegelstücken in Sand- und Kies-Größe durchsetzt), dunkelgrau, schwarzbraun, teilweise beige

OK RFB UG = - 4,23 m = 455,17 m NN

3,00

A

3,40 Auffüllung, breiig bis weich, (Ton, leicht plastisch bis mittelplastisch, schluffig bis stark schluffig, schwach sandig bis sandig, schwach kiesig, einzelne Ziegelstücke in Sand-Größe), beige, braun

▽ 6,01

6,40

A

3,00 Auffüllung, breiig bis weich, (Ton, leicht plastisch, schluffig, sandig, kiesig, organisch, mit Ziegelstücke in Sand- und Kies-Größe durchsetzt, einzelne Pflanzen- und Holzreste), schwarzbraun, blauschwarz

9,40

9,80

10,10

0,40 Ton, mittelplastisch, schwach schluffig bis schluffig, halbfest, dunkelgrau

0,30 Ton, mittelplastisch bis ausgeprägt plastisch, schwach schluffig, steif, beige, teilweise olivgrau

Hangschutt

12,70

2,60 Ton, mittelplastisch bis ausgeprägt plastisch, schwach schluffig, steif bis halbfest, einzelne Gesteinsstücke in Sand- und Kies-Größe, beige, teilweise grau

13,90

Verwitterungston

1,20 Ton, mittelplastisch bis ausgeprägt plastisch, sandig, kiesig, schwach schluffig, steif bis halbfest, (kiesige Anteile: Kalkstein, hart, eckig), beige, teilweise grau

15,00

1,10 Ton, mittelplastisch bis ausgeprägt plastisch, schwach schluffig, halbfest bis fest, Übergang zu Tonstein, sehr mürb, Restschichtung erkennbar, grau

Oberer Braunjura, stark bis mäßig verwittert

18,00

439,98

3,00 Tonstein, sehr mürb bis mürb, dickplattig bis dünnbankig, mergelig, rostfarbene Beläge auf den Trennflächen, von 17,95 m - 18,0 m Kalkstein, hart, dunkelgrau



Projekt:

GEISLINGEN a. d. STEIGE
Erweiterung Helfenstein Gymnasium
Kaiser-Wilhelm-Straße 3

Anlage 2.5

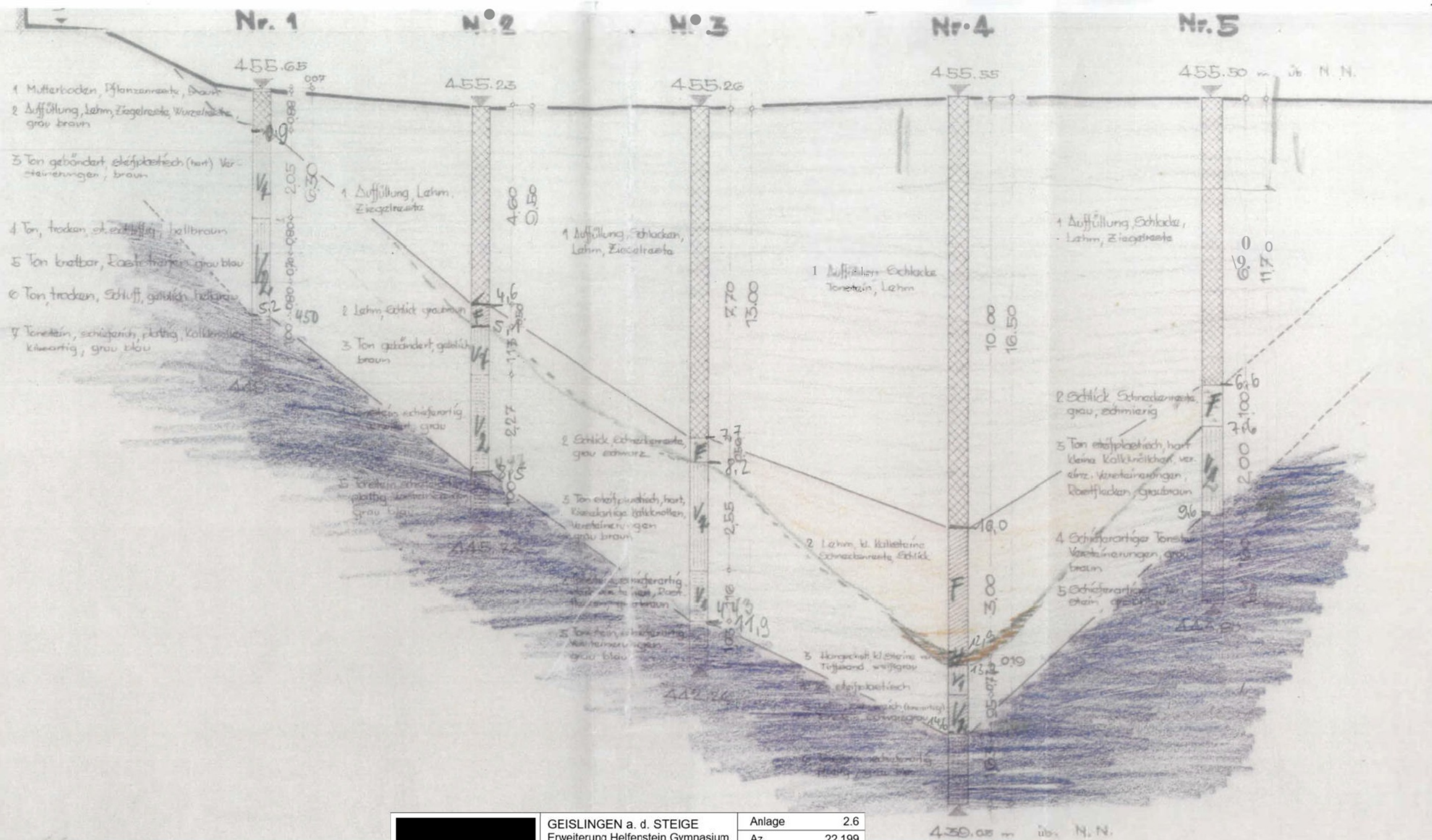
Az 22 199

Datum 30.09.2024

Maßstab 1 : 50

Bearbeiter





	GEISLINGEN a. d. STEIGE	Anlage	2.6
	Erweiterung Helfenstein Gymnasium	Az	22 199
	Schichtprofile der Bohrungen B 1/62 bis B 5/62 des geologischen Landesamts Baden-Württemberg	Datum	30.09.2024
		Maßstab	-
		Bearbeiter	



GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung Helfenstein Gymnasium
 Schichtprofile der Bohrungen B 1a/62
 bis B 5a/62 des geologischen
 Landesamts Baden-Württemberg

Anlage	2.7
Az	22 199
Datum	30.09.2024
Maßstab	-
Bearbeiter	-

Ramm - Bohrung

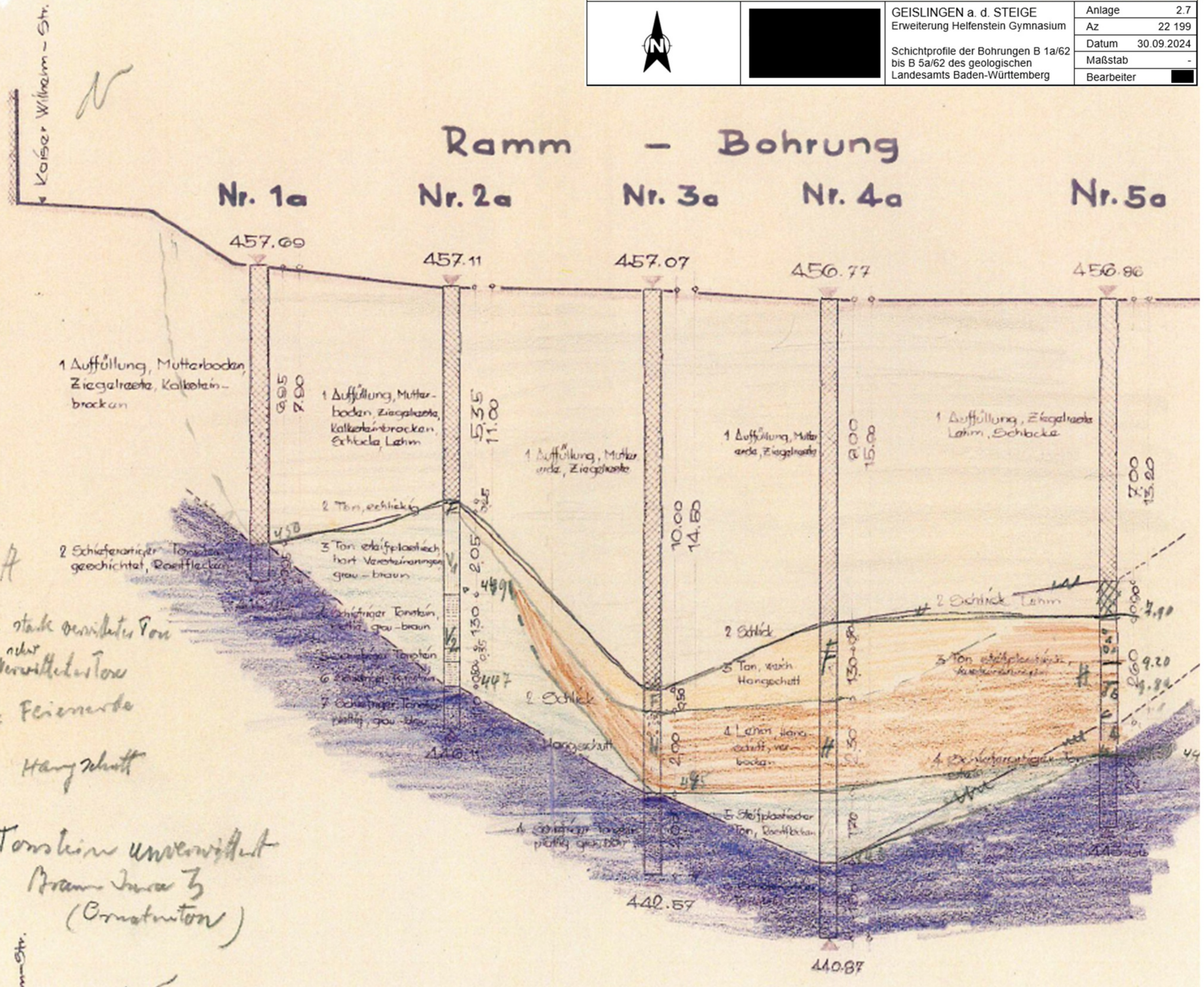
Nr. 1a

Nr. 2a

Nr. 3a

Nr. 4a

Nr. 5a



VI = stark verwitterter Ton
 V₂ = nicht verwitterter Ton
 F = Feinererde

H Hangschutt

Tonstein unverwittert
 Braun Jura 3
 (Ornatenton)



GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung Helfenstein Gymnasium
 Kaiser-Wilhelm-Straße 3

ZUSAMMENSTELLUNG DER ERMITTELTEN BODENMECHANISCHEN KENNGRÖSSEN

Probenherkunft	Entnahmetiefe t [m]	Probenart: UP = ungestört, g = gestört	Bodenart / geologische Einstufung	Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1	Korngrößenverteilung siehe Anlage	Anteil der Kornfraktion $\phi \leq 0,063$ mm [%]	Natürlicher Wassergehalt w_n [%]	Konsistenzgrenzen		Plastizitätszahl I_P [%]	Konsistenzzahl I_c [-]	Zustandsform	Klassifizierung nach DIN 18196	Kompessionsversuch siehe Anlage	
								Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]						
B 1/23	3,5	g	Verwitterungs- ton	Ton, ausgeprägt plastisch			23,8	52,2	16,7	35,5	0,80	st	TA		
	5,5	g		Ton			21,4								
	6,5	g	Oberer Braunjura	Schluff- Tonstein			10,7								
	7,5	g		Tonstein			11,6								
	9,4	g						11,6							
	10,5	g						13,8							
	12,45	g						16,4							
	14,35	g						13,0							
	15,45	g		Mergelstein				2,1							
16,7	g					2,7									
B 2/23	5,4	g	Verwitterungs- ton	Ton, ausgeprägt plastisch			22,8	52,2	16,7	35,5	0,83	st	TA		
	8,2	g		Ton			27,4								
	8,7	g				22,3									
	9,55	g	Oberer Braunjura	Tonstein			16,5								
	11,6	g						11,4							

br = breiig; sw = sehr weich,
 w = weich, st = steif;
 hf = halbfest, f = fest
















GEISLINGEN a. d. STEIGE
 Erweiterung Helfenstein Gymnasium
 Kaiser-Wilhelm-Straße 3

ZUSAMMENSTELLUNG DER ERMITTELTEN BODENMECHANISCHEN KENNGRÖSSEN

Probenherkunft	Entnahmetiefe t [m]	Probenart: UP = ungestört, g = gestört	Bodenart / geologische Einstufung	Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1	Korngrößenverteilung siehe Anlage	Anteil der Kornfraktion $\phi \leq 0,063$ mm [%]	Natürlicher Wassergehalt w_n [%]	Konsistenzgrenzen		Plastizitätszahl I_P [%]	Konsistenzzahl I_c [-]	Zustandsform	Klassifizierung nach DIN 18196	Kompessionsversuch siehe Anlage
								Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]					
B 3/23	8,5	g	Verwitterungs- ton	Ton, mittelplastisch			23,0	48,1	16,6	31,5	0,80	st	TM	
	10,5	g		Ton			22,9							
	12,9	g	Oberer Braunjura	Tonstein			15,3							
	14,6	g						10,9						
B 4/23	11,3	g	Hangschutt	Ton			16,4							
	13,4	g	Verwitterungs- ton	Ton, mittelplastisch			18,0	39,0	15,5	23,5	0,89	st	TM	
	15,3	g						22,9	44,5	15,5	29,0	0,74	w	TM
	16,2	g	Oberer Braunjura	Tonstein			10,6							
B 5/23	10,3	g	Hangschutt	Ton, mittelplastisch			17,3	43,6	15,5	28,1	0,94	st	TM	
	13,5	g		Ton			13,6							
	14,5	g	Verwitterungs- ton	Ton			17,6							
	15,5	g	Oberer Braunjura	Tonstein			11,9							
	17,3	g						13,4						




br = breiig; sw = sehr weich,
 w = weich, st = steif;
 hf = halbfest, f = fest














Fotodokumentation der Bohrkerne
aus den Bohrungen B 1/23 bis B 5/23
(9 Seiten)

Fotodokumentation		m
Projekt: GEISLINGEN a. d. Steige Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3		
Bohrung: B 1/23		0 - 12,0 m
m		m
0		1
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		7
7		8
8		9
9		10
10		11
11		12
		

Fotodokumentation	
Projekt: GEISLINGEN a. d. Steige Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3	
m	Bohrung: B 2/23 0 - 12,0 m
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10
10	11
11	12
0	1m

Fotodokumentation	
Projekt: GEISLINGEN a. d. Steige Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3	
m	Bohrung: B 3/23 0 - 12,0 m
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10
10	11
11	12
0	1m

Fotodokumentation		
	Projekt: GEISLINGEN a. d. Steige Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3	
m	Bohrung: B 4/23 0 - 12,0 m	
0		1
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		7
7		8
8		9
9		10
10		11
11		12
		

		Fotodokumentation		
		Projekt:	GEISLINGEN a. d. Steige Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3	
		Bohrung:	B 5/23	0 - 12,0 m
m				m
0				1
1				2
2				3
3				4
4				5
5				6
6				7
7				8
8				9
9				10
10				11
11				12
				

		Fotodokumentation			
		Projekt: GEISLINGEN a. d. Steige Erweiterung Helfenstein Gymnasium Kaiser-Wilhelm-Straße 3			
		Bohrung: B 5/23		12,0 - 18,0 m	
m					m
12					13
13					14
14					15
15					16
16					17
17					18
					0 0,2 0,4 0,6 0,8 1m

Dokumentation der Bohrunternehmung

(36 Seiten)

Kopfblatt			
Aufschlussart: Bohrung B 1 - 23	Name des Unternehmens	Stadt Geislingen an der Steige	Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige
Projektbezeichnung	Name des Auftraggebers Geislingen a.d. Steige, Erweiterung	Nr des Projekts	2022 - 0869
Datum	25.01.-26.01.2023	Höhe	
Lage		Neigung der Bohrung	90°
		Richtung der Bohrung	
Tiefe der freien Grundwasseroberfläche	15,22 m	Tiefe der Bohrung	18,00 m
Lageskizze (Maßstab M 1: 12)			
Ausführung und Typ des Entnahmeräts			
Beigefügte Protokolle		<input checked="" type="checkbox"/> Bohrprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Probenentnahmeprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Verfüllprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Schichtenverzeichnis <input type="checkbox"/> Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle <input checked="" type="checkbox"/> Protokoll der Grundwassermessungen <input type="checkbox"/> Andere:	
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)	18,00m Kernkisten vorhalten		
Name des qualifizierten Technikers			
Unterschrift des qualifizierten Technikers			

Bohrprotokoll													
				Name des Unternehmens									
				Name des Auftraggebers				Stadt Geislingen an der Steige			Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige		
Projektbezeichnung				Geislingen a.d. Steige, Erweiterung				Projektnummer			2022 - 0869		
Datum der Bohrung				25.01.-26.01.2023				Bezeichnung des Bohrlochs			B 1 - 23		
Bohrgerät (Typ, Herstelljahr)				TT34 Bohrgerät auf Daimler Zweiachs-LKW Bj. 2009				Endtiefe des Bohrlochs			18,00 m		
Verfahren des Vorbohrens								Rammen					
Bohrlochdurchmesser				178 mm				140 mm			mm		
Tiefe		Bohren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Spülung		Bemerkungen
von	bis	Verfahren	Lösens des Bodens/Fels	Typ. Bohrkörone	Durchmesser mm	Rammen	Spülung	Innendurchmesser mm	Außendurchmesser mm	Tiefe m	Druck	Spülumsatz	
0,00	8,00	BK	ram	Schap	140	DR	-	156	178	8,00	-	-	
8,00	18,00	BK	rot	S	146	G	WS	124	140	18,00	-	-	100% Spülverlust ab 16,00m
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)													
Name des qualifizierten Technikers													
Unterschrift des qualifizierten Technikers													

Name des Unternehmens:		Schichtenverzeichnis nach ISO 14688-1 und ISO 14689-1					Seite: 4	
Name des Auftraggebers:							Aufschluss: B 1 - 23	
Bohrverfahren: BK		Datum: 25.01.-26.01.2023						
Durchmesser: 178 mm		Neigung: 90°						
Projektbezeichnung: Geislingen a.d. Steige, Erweiterung		Name und Unterschrift des qualifizierten Technikers: Romy Schubert						
1	2	3	4	5	6	7		
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrfortschritts - Bohrtbarkeit/Kernform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge		
0.05	Sportplatz / Kies	rötlich	locker, erdfeucht	leicht zu bohren		Verrohrung Ø 178mm Schrappe Ø 140mm von 0,00-8,00m SKGL mit Wasserspülung von 8,00-18,00m ET		
3.00	Auffüllung, Schluff, sehr schwach feinsandig, Beton, Ziegel, Holz	bunt	stif, erdfeucht	leicht zu bohren	BP 1, 0.60-0.70m BP 2, 1.70-1.80m BP 3, 2.40-2.50m			
3.70	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig	grau bis grün	halbfest bis fest, erdfeucht	mittel zu bohren	BP 4, 3.40-3.50m			

Seite: 5						
Aufschluss: B 1 - 23						
Projektnr: 2022 - 0869						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge
6.40	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig	braun bis beige	halbfest bis fest, erdfeucht	mittel zu bohren	BP 5, 4.40-4.50m BP 6, 5.40-5.50m	
8.00	Tonstein verwittert / Ton	grau	halbfest bis fest, erdfeucht	schwer zu bohren	BP 7, 6.40-6.50m BP 8, 7.40-7.50m	
15.50	Tonstein	grau	halbfest bis fest	ab 8,00m SK6L mit Wasserspülung	BP 9, 8.55-8.65m BP 10, 9.30-9.40m BP 11, 10.40-10.50m BP 12, 11.30-11.40m BP 13, 12.35-12.45m BP 14, 13.45-13.55m BP 15, 14.25-14.35m BP 16, 15.35-15.45m	Wasserabfall 15.22m u. AP 26.01.2023
18.00	Kalkstein / Tonstein Wechsellagerung	grau	halbfest bis fest bis hart		BP 17, 16.60-16.70m BP 18, 17.35-17.45m	100% Spulverlust ab 16,00m

Verfüllprotokoll		Name des Unternehmens					
		Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige		Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige	
Projektbezeichnung		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung		Projektnummer		2022 - 0869	
Datum des Verfüllens		25.01.-26.01.2023		Bezeichnung des Aufschlusses		B 1 - 23	
Tiefe m		Verfüllmaterial		Tiefe m		Verfüllmaterial	
von 0,00	bis 0,50	Betonestrich		von	bis		
von 0,50	bis 18,00	Quellton		von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
Bemerkungen							
Name des qualifizierten Technikers							
Unterschrift des qualifizierten Technikers							

Kopfblatt			
Aufschlussart: Bohrung B 2 - 23	Name des Unternehmens	Stadt Geislingen an der Steige	Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige
Projektbezeichnung	Geislingen a.d. Steige, Erweiterung	Nr des Projekts	2022 - 0869
Datum	30.01.-31.01.2023	Höhe	
Lage		Neigung der Bohrung	90°
		Richtung der Bohrung	
Tiefe der freien Grundwasseroberfläche	8.11 m	Tiefe der Bohrung	12.00 m
Lageskizze (Maßstab M 1: 12)			
Ausführung und Typ des Entnahmeräts			
Beigefügte Protokolle		<input checked="" type="checkbox"/> Bohrprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Probenentnahmeprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Verfüllprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Schichtenverzeichnis <input type="checkbox"/> Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle <input checked="" type="checkbox"/> Protokoll der Grundwassermessungen <input type="checkbox"/> Andere:	
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)		12,00m Kernkisten vorhalten	
Name des qualifizierten Technikers			
Unterschrift des qualifizierten Technikers			

Bohrprotokoll														
				Name des Unternehmens										
				Name des Auftraggebers				Stadt Geislingen an der Steige				Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige		
Projektbezeichnung				Geislingen a.d. Steige, Erweiterung				Projektnummer				2022 - 0869		
Datum der Bohrung				30.01.-31.01.2023				Bezeichnung des Bohrlochs				B 2 - 23		
Bohrgerät (Typ, Herstelljahr)				TT34 Bohrgerät auf Daimler Zweiachs-LKW Bj. 2009				Endtiefe des Bohrlochs				12,00 m		
Verfahren des Vorbohrrens								Rammen						
Bohrlochdurchmesser				178 mm				140 mm				mm		
Tiefe		Bohren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Spülung		Bemerkungen	
von	bis	Verfahren	Lösens des Bodens/Fels	Typ. Bohrkronen	Durchmesser mm	Rammen	Spülung	Innendurchmesser mm	Außendurchmesser mm	Tiefe m	Druck	Spülumsatz		
0,00	8,00	BK	ram	Schap	140	DR	-	156	178	8,00	-	-		
8,00	12,00	BK	rot	S	146	G	WS	124	140	12,00	-	-		
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)														
Name des qualifizierten Technikers														
Unterschrift des qualifizierten Technikers														

Name des Unternehmens:		Schichtenverzeichnis nach ISO 14688-1 und ISO 14689-1					Seite: 4	
Name des Auftraggebers:							Aufschluss: B 2 - 23	
Bohrverfahren: BK		Datum: 30.01.-31.01.2023						
Durchmesser: 178 mm		Neigung: 90°						
Projektbezeichnung: Geislingen a.d. Steige, Erweiterung Heilfens		Name und Unterschrift des qualifizierten Technikers: Romy Schubert						
1	2	3	4	5	6	7		
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge		
0.08	Pflaster	grau	fest bis hart	mittel zu bohren		Verrohrung Ø 178mm Schappe Ø 140mm von 0,00-8,00m SKGL mit Wasserspülung von 8,00-12,00m ET		
0.15	Spilt	gelb bis grau	locker, erdfeucht	mittel zu bohren				
0.40	Auffüllung: Kies, stark sandig (Schotter)	grau bis gelb	erdfeucht	mittel zu bohren				

Seite: 5						
Aufschluss: B 2 - 23						
Projektr: 2022 - 0889						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohung - Kernverlust - Kernlänge
4,35	Auffüllung, Kies, stark sandig, schwach tonig, schwach schluffig, Ziegel, Kalkstein-Stücke	bunt	halbfest, erdfeucht	mittel zu bohren	BP 1, 0.60-0.70m BP 2, 1.60-1.70m BP 3, 2.60-2.70m BP 4, 3.60-3.70m	
9,00	Tonstein stark verwittert, Ton	braun bis grau	halbfest bis fest, erdfeucht	mittel zu bohren ab 8,00m SKGL mit Wasserspülung	BP 5, 4.30-4.40m BP 6, 5.30-5.40m BP 7, 6.20-6.30m BP 8, 7.20-7.30m BP 9, 8.60-8.70m	Wasserabfall 8.11m u. AP 31.01.2023
12,00	Tonstein, Ton	grau	halbfest bis fest bis hart, erdfeucht		BP 10, 9.45-9.55m BP 11, 10.30-10.40m BP 12, 11.50-11.60m	

Verfüllprotokoll		Name des Unternehmens					
		Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige		Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige	
Projektbezeichnung		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung		Projektnummer		2022 - 0869	
Datum des Verfüllens		30.01.-31.01.2023		Bezeichnung des Aufschlusses		B 2 - 23	
Tiefe m		Verfüllmaterial		Tiefe m		Verfüllmaterial	
von 0,00	bis 0,08	Pflaster		von	bis		
von 0,08	bis 0,50	Betonestrich		von	bis		
von 0,50	bis 12,00	Quellton		von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
Bemerkungen							
Name des qualifizierten Technikers							
Unterschrift des qualifizierten Technikers							

Kopfblatt	Name des Unternehmens		
Aufschlussart: Bohrung B 3 - 23	Name des Auftraggebers	Stadt Geislingen an der Steige	Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige
Projektbezeichnung	Geislingen a.d. Steige, Erweiterung	Nr des Projekts	2022 - 0869
Datum	26.01.-30.01.2023	Höhe	
Lage		Neigung der Bohrung	90°
		Richtung der Bohrung	
Tiefe der freien Grundwasseroberfläche	6.43 m	Tiefe der Bohrung	16.00 m
Lageskizze (Maßstab M 1: 12)			
Ausführung und Typ des Entnahmeräts			
Beigefügte Protokolle		<input checked="" type="checkbox"/> Bohrprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Probenentnahmeprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Verfüllprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Schichtenverzeichnis <input type="checkbox"/> Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle <input checked="" type="checkbox"/> Protokoll der Grundwassermessungen <input type="checkbox"/> Andere:	
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)		16,00m Kernkisten vorhalten	
Name des qualifizierten Technikers			
Unterschrift des qualifizierten Technikers			

Bohrprotokoll														Name des Unternehmens					
														Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige		Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige	
Projektbezeichnung				Geislingen a.d. Steige, Erweiterung				Projektnummer				2022 - 0869							
Datum der Bohrung				26.01.-30.01.2023				Bezeichnung des Bohrlochs				B 3 - 23							
Bohrgerät (Typ, Herstelljahr)				TT34 Bohrgerät auf Daimler Zweiachs-LKW Bj. 2009				Endtiefe des Bohrlochs				16,00 m							
Verfahren des Vorbohrrens								Rammen											
Bohrlochdurchmesser				178 mm				140 mm				mm							
Tiefe		Bohren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Spülung								
von	bis	Verfahren	Lösens des Bodens/Fels	Typ. Bohrkronen	Durchmesser mm	Rammen	Spülung	Innendurchmesser mm	Außendurchmesser mm	Tiefe m	Druck	Spülumsatz	Bemerkungen						
0,00	10,00	BK	ram	Schap	140	DR	-	156	178	10,00	-	-							
10,00	16,00	BK	rot	S	146	G	WS	124	140	16,00	-	-							
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)																			
Name des qualifizierten Technikers																			
Unterschrift des qualifizierten Technikers																			

Name des Unternehmens:		Schichtenverzeichnis nach ISO 14688-1 und ISO 14689-1				Seite:	
Name des Auftraggebers:						4	
Bohrverfahren:		Datum: 26.01.-30.01.2023				Aufschluss: B 3 - 23	
Durchmesser:		178 mm				Neigung: 90°	
Projektbezeichnung:		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung Heilfens				Projektnr.: 2022-0869	
Name und Unterschrift des qualifizierten Technikers:		Rommy Schubert					
1	2	3	4	5	6	7	
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts Bohrbarkeit/Kernform - Bohrbarkeit/Kernform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge	
0.05	Bitumen	schwarz	fest bis hart	schwer zu bohren		Verrohrung Ø 178mm Schnappe Ø 140mm von 0,00-10,00m SKGL mit Wasserspülung von 10,00-16,00m ET	
7.65	Auffüllung: Kies, stark sandig, Ziegelreste, Eisen, Betonreste	bunt	erdfleucht	mittel zu bohren	BP 1, 0.60-0.70m BP 2, 1.70-1.80m BP 3, 2.40-2.50m BP 4, 3.40-3.50m BP 5, 4.40-4.50m BP 6, 5.40-5.50m BP 7, 6.60-6.70m BP 8, 7.30-7.40m	Wasseranstieg 6.43m u. AP 26.01.2023 Grundwasser 6.80m u. AP 26.01.2023	
11.10	Tonstein angewittert, Ton	braun bis beige	halbfest bis fest, erdfleucht	mittel zu bohren ab 10,00m SKGL mit Wasserspülung	BP 9, 8.40-8.50m BP 10, 9.40-9.50m BP 11, 10.40-10.50m		

Seite: 5						
Aufschluss: B 3 - 23						
Projektr: 2022 - 0869						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrfortschritts - Bohrbarkeit/Kernform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohung - Kernverlust - Kernlänge
15.30	Tonstein, Ton	hellgrau	halbfest bis fest, endfeucht	SK6L mit Wasserspülung	BP 12, 11.30-11.40m BP 13, 12.80-12.90m BP 14, 13.35-13.45m BP 15, 14.50-14.60m BP 16, 15.00-15.10m	
16.00	Tonstein	dunkelgrau	halbfest bis fest, endfeucht	SK6L mit Wasserspülung		

Verfüllprotokoll		Name des Unternehmens					
		Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige		Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige	
Projektbezeichnung		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung		Projektnummer		2022 - 0869	
Datum des Verfüllens		26.01.-30.01.2023		Bezeichnung des Aufschlusses		B 3 - 23	
Tiefe m		Verfüllmaterial		Tiefe m		Verfüllmaterial	
von 0,00	bis 0,10	Bitumen		von	bis		
von 0,10	bis 0,50	Betonestrich		von	bis		
von 0,50	bis 16,00	Quellton		von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
Bemerkungen							
Name des qualifizierten Technikers							
Unterschrift des qualifizierten Technikers							

Kopfblatt			
Aufschlussart: Bohrung B 4 - 23	Name des Unternehmens	Stadt Geislingen an der Steige	Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige
Projektbezeichnung	Name des Auftraggebers	Nr des Projekts	2022 - 0869
Datum	Geislingen a.d. Steige, Erweiterung	Höhe	
	31.01.-01.02.2023	Neigung der Bohrung	90°
	Lage	Richtung der Bohrung	
Tiefe der freien Grundwasseroberfläche	15.19 m	Tiefe der Bohrung	17.00 m
Lageskizze (Maßstab M 1: 12)			
Ausführung und Typ des Entnahmeräts			
Beigefügte Protokolle		<input checked="" type="checkbox"/> Bohrprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Probenentnahmeprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Verfüllprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Schichtenverzeichnis <input type="checkbox"/> Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle <input checked="" type="checkbox"/> Protokoll der Grundwassermessungen <input type="checkbox"/> Andere:	
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)	17,00m Kernkisten vorhalten		
Name des qualifizierten Technikers			
Unterschrift des qualifizierten Technikers			

Bohrprotokoll													
				Name des Unternehmens									
				Name des Auftraggebers				Stadt Geislingen an der Steige			Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige		
Projektbezeichnung				Geislingen a.d. Steige, Erweiterung				Projektnummer			2022 - 0869		
Datum der Bohrung				31.01.-01.02.2023				Bezeichnung des Bohrlochs			B 4 - 23		
Bohrgerät (Typ, Herstelljahr)				TT34 Bohrgerät auf Daimler Zweiachs-LKW Bj. 2009				Endtiefe des Bohrlochs			17,00 m		
Verfahren des Vorbohrens								Rammen					
Bohrlochdurchmesser				178 mm				140 mm			mm		
Tiefe		Bohren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Spülung		Bemerkungen
von	bis	Verfahren	Lösens des Bodens/Fels	Typ. Bohrkronen	Durchmesser mm	Rammen	Spülung	Innendurchmesser mm	Außendurchmesser mm	Tiefe m	Druck	Spülumsatz	
0,00	12,00	BK	ram	Schap	140	DR	-	156	178	12,00	-	-	
12,00	17,00	BK	rot	S	146	G	WS	124	140	17,00	-	-	
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)													
Name des qualifizierten Technikers													
Unterschrift des qualifizierten Technikers													

Name des Unternehmens:		Schichtenverzeichnis nach ISO 14688-1 und ISO 14689-1					Seite: 4	
Name des Auftraggebers:							Aufschluss: B 4 - 23	
Bohrverfahren: BK		Datum: 31.01.-01.02.2023						
Durchmesser: 178 mm		Neigung: 90°						
Projektbezeichnung: Geislingen a.d. Steige, Erweiterung Heilfens		Name und Unterschrift des qualifizierten Technikers: Romy Schubert						
1	2	3	4	5	6	7		
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kernform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge		
0.08	Pflaster	grau	fest bis hart	mittel zu bohren		Verrohrung Ø 178mm Schappe Ø 140mm von 0,00-12,00m SKGL mit Wasserspülung von 12,00-17,00m ET		
0.15	Spilt	braun	locker, erdflecht	leicht zu bohren				
0.40	Auffüllung: Kies, sandig (Schotter)	braun bis grau	erdflecht	mittel zu bohren				

Seite: 5						
Aufschluss: B 4 - 23						
Projektr: 2022 - 0889						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Feisart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohung - Kernverlust - Kernlänge
9.30	Auffüllung: Kies, stark sandig, schwach schluffig, Ziegelreste, Betonreste, Torf, Holz	dunkelgrau, rötlich	stef bis halbfest, erdfreucht	mittel zu bohren	BP 1, 0.60-0.70m BP 2, 1.60-1.70m BP 3, 2.60-2.70m BP 4, 3.20-3.30m BP 5, 4.40-4.50m BP 6, 5.40-5.50m BP 7, 6.40-6.50m BP 8, 7.40-7.50m BP 9, 8.40-8.50m	
10.40	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig Torfeinschlüsse	oliv bis grau	halbfest bis fest, erdfreucht	mittel zu bohren	BP 10, 9.40-9.50m BP 11, 10.00-10.10m	
12.00	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig, Kalkstein-Stücke	braun bis beige	halbfest bis fest, erdfreucht	mittel zu bohren	BP 12, 11.20-11.30m	
12.85	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig	braun	halbfest bis fest	ab 12.00m SK6L mit Wasserspülung	BP 13, 12.60-12.70m	

Seite: 6						
Aufschluss: B 4 - 23						
Projektr: 2022 - 0869						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge
14.80	Tonstein verwittert, Ton	hellgrau	halbfest bis fest		BP 14, 13.30-13.40m BP 15, 14.70-14.80m	
17.00	Tonstein vereinzelte Kalkstein-Bänke	grau	halbfest bis fest bis hart		BP 16, 15.80-15.90m BP 17, 16.10-16.20m	Wasserabfall 15.19m u. AP 01.02.2023

Verfüllprotokoll		Name des Unternehmens					
		Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige		Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige	
Projektbezeichnung		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung		Projektnummer		2022 - 0869	
Datum des Verfüllens		31.01.-01.02.2023		Bezeichnung des Aufschlusses		B 4 - 23	
Tiefe m		Verfüllmaterial		Tiefe m		Verfüllmaterial	
von 0,00	bis 0,08	Pflaster		von	bis		
von 0,08	bis 0,50	Betonestrich		von	bis		
von 0,50	bis 17,00	Quellton		von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
Bemerkungen							
Name des qualifizierten Technikers							
Unterschrift des qualifizierten Technikers							

Kopfblatt			
Aufschlussart: Bohrung B 5 - 23	Name des Unternehmens	Stadt Geislingen an der Steige	Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige
Projektbezeichnung	Geislingen a.d. Steige, Erweiterung	Nr des Projekts	2022 - 0869
Datum	01.02.2023	Höhe	
Lage		Neigung der Bohrung	90°
		Richtung der Bohrung	
Tiefe der freien Grundwasseroberfläche	6.01 m	Tiefe der Bohrung	18.00 m
Lageskizze (Maßstab M 1: 12)			
Ausführung und Typ des Entnahmeräts			
Beigefügte Protokolle		<input checked="" type="checkbox"/> Bohrprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Probenentnahmeprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Verfüllprotokoll <input checked="" type="checkbox"/> Schichtenverzeichnis <input type="checkbox"/> Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle <input checked="" type="checkbox"/> Protokoll der Grundwassermessungen <input type="checkbox"/> Andere:	
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)		18,00m Kernkisten vorhalten	
Name des qualifizierten Technikers			
Unterschrift des qualifizierten Technikers			

Bohrprotokoll														
				Name des Unternehmens										
				Name des Auftraggebers				Stadt Geislingen an der Steige				Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige		
Projektbezeichnung				Geislingen a.d. Steige, Erweiterung				Projektnummer				2022 - 0869		
Datum der Bohrung				01.02.2023				Bezeichnung des Bohrlochs				B 5 - 23		
Bohrgerät (Typ, Herstelljahr)				TT34 Bohrgerät auf Daimler Zweiachs-LKW Bj. 2009				Endtiefe des Bohrlochs				18.00 m		
Verfahren des Vorbohrens								Rammen						
Bohrlochdurchmesser				178 mm				140 mm				mm		
Tiefe		Bohren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Spülung			
von	bis	Verfahren	Lösens des Bodens/Fels	Typ. Bohrkronen	Durchmesser mm	Rammen	Spülung	Innendurchmesser mm	Außendurchmesser mm	Tiefe m	Druck	Spülumsatz	Bemerkungen	
0,00	13,00	BK	ram	Schap	140	DR	-	156	178	13,00	-	-		
13,00	18,00	BK	rot	S	146	G	WS	124	140	18,00	-	-		
Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.)														
Name des qualifizierten Technikers														
Unterschrift des qualifizierten Technikers														

Probenentnahme-protokoll									
Name des Unternehmens									
		Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige			Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige		
Projektbezeichnung		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung			Projektnummer			2022 - 0869	
Entnahmedatum		01.02.2023			Bezeichnung des Aufschlusses			B 5 - 23	
Bezeichnung der Probe		GP = Bodenprobe gestört, bis 1 Liter			EP = Bodenprobe gestört, bis 5 Liter			UP = Sonderprobe, ungestört	
Tiefe/Kernmarsch m		Probe		Felsgüte und Kerngewinn			Entnahmegesetz		Bemerkungen - Kernfangring - Störung - Boden-/Felsart - Rammeinsatz
		Länge mm	Durchmesser mm	TCR	RGD	SCR	Ausführung	Typ	
von 0.40	bis 0.50	100.00							
von 1.40	bis 1.50	100.00							
von 2.40	bis 2.50	100.00							
von 3.40	bis 3.50	100.00							
von 4.40	bis 4.50	100.00							
von 5.40	bis 5.50	100.00							
von 6.40	bis 6.50	100.00							
von 7.60	bis 7.70	100.00							
von 8.40	bis 8.50	100.00							
von 9.60	bis 9.70	100.00							
von 10.20	bis 10.30	100.00							
von 11.50	bis 11.60	100.00							
von 12.40	bis 12.50	100.00							
von 13.40	bis 13.50	100.00							
von 14.40	bis 14.50	100.00							
von 15.40	bis 15.50	100.00							
von 16.80	bis 16.90	100.00							
von 17.20	bis 17.30	100.00							
von	bis								
von	bis								
von	bis								
von	bis								
von	bis								
Bemerkungen									
Name des qualifizierten Technikers									
Unterschrift des qualifizierten Technikers									

Seite: 5						
Aufschluss: B 5 - 23						
Projektr: 2022 - 0869						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwertzeugelverrohung - Kernverlust - Kernlänge
10.00	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig	oliv	halbfest, erdfeucht	mittel zu bohren		
11.80	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig	braun bis beige	halbfest bis fest, erdfeucht	mittel zu bohren	BP 11, 10.20-10.30m BP 12, 11.50-11.60m	
12.60	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig, Kalkstein-Stücke	braun	halbfest bis fest, erdfeucht	mittel zu bohren	BP 13, 12.40-12.50m	
13.85	Ton, stark feinsandig, schwach schluffig, Kalkstein-Stücke	hellbraun bis beige	halbfest bis fest, erdfeucht bis 13.00m	mittel zu bohren ab 13.00m SKGL mit Wasserspülung	BP 14, 13.40-13.50m	

Seite: 6						
Aufschluss: B 5 - 23						
Projektr: 2022 - 0869						
1	2	3	4	5	6	7
Tiefe bis m	Bezeichnung der Boden- bzw. Felsart Ergänzende Bemerkungen Geol. Benennung (Stratigraphie)	Farbe Kalkgehalt	Beschreibung der Probe - Konsistenz, Plastizität, Härte, einachsige Festigkeit - Kornform, Matrix - Verwitterung, Trennflächen usw.	Beschreibung des Bohrfortschritts - Bohrbarkeit/Kornform - Meißelersatz - Beobachtungen usw.	Proben Versuche - Typ - Nr - Tiefe	Bemerkungen - Wasserführung/Spülung - Bohrwerkzeuge/Verrohrung - Kernverlust - Kernlänge
18.00	Tonstein, Ton vereinzelt Kalkstein-Bänke	grau	halbfest bis fest, z.T. mürbe		BP 15, 14.40-14.50m BP 16, 15.40-15.50m BP 17, 16.80-16.90m BP 18, 17.20-17.30m	

Verfüllprotokoll		Name des Unternehmens					
		Name des Auftraggebers		Stadt Geislingen an der Steige		Schlossgasse 7 73312 Geislingen an der Steige	
Projektbezeichnung		Geislingen a.d. Steige, Erweiterung		Projektnummer		2022 - 0869	
Datum des Verfüllens		01.02.2023		Bezeichnung des Aufschlusses		B 5 - 23	
Tiefe m		Verfüllmaterial		Tiefe m		Verfüllmaterial	
von 0,00	bis 0,20	Sand / Kies		von	bis		
von 0,20	bis 18,00	Quellton		von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
von	bis			von	bis		
Bemerkungen							
Name des qualifizierten Technikers							
Unterschrift des qualifizierten Technikers							

Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung der

 vom 25.11.2022

(10 Seiten)

Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung Kaiser-Wilhelm-Straße 3 Helfenstein-Gymnasium, Erweiterung Geislingen an der Steige

Datum: 25.11.2022
Projekt-Nr.: 22.11.28-05

Luftbildauswerter:

Historikerin:

Auftraggeber (AG):

Ansprechpartnerin:

Projektnummer des AG:

Auftragserteilung:

1. Zusammenfassung

Das vorliegende Gutachten für das Projekt „Kaiser-Wilhelm-Straße 3, Helfenstein-Gymnasium, Erweiterung“ in Geislingen an der Steige wurde zur Vorerkundung einer potenziellen Belastung durch Kampfmittel aus dem Zweiten Weltkrieg erstellt. Die Erkenntnisse der Vorerkundung basieren zum einen auf einer historischen Recherche über die Kriegseignisse in der Region, in der das Untersuchungsgebiet liegt, zum anderen auf der Auswertung historischer Luftbilder aus den Kriegsjahren und führen zu folgendem Ergebnis:

Die Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung aus dem Zweiten Weltkrieg liefert keine Hinweise auf eine erhöhte Wahrscheinlichkeit von im Boden verbliebenen Kampfmitteln im Untersuchungsgebiet.

Nach unserem jetzigen Kenntnisstand können die geplanten Erkundungs- und Bauarbeiten für das Bauvorhaben ohne weitere Auflagen durchgeführt werden.

Diese Aussagen können nicht als Garantie für die absolute Kampfmittelfreiheit des Untersuchungsgebiets gewertet werden. Sie beziehen sich ausschließlich auf das dargestellte Untersuchungsgebiet und gelten für den Zeitraum des beschriebenen Bauvorhabens.

2. Aufgabenstellung

In Geislingen an der Steige ist in der Kaiser-Wilhelm-Straße 3 die Erweiterung des Helfenstein-Gymnasiums geplant. Zur Absicherung der Erkundungs- und Bauarbeiten soll das Untersuchungsgebiet mithilfe einer Luftbildauswertung und einer historischen Recherche auf das mögliche Vorhandensein von Kampfmitteln aus dem Zweiten Weltkrieg untersucht werden.

Für die Luftbildauswertung werden die von den alliierten Streitkräften zwischen 1939 und 1945 aufgenommenen derzeit verfügbaren Luftbilder auf Sprengbombenrichter, schwere Gebäudeschäden und militärische Strukturen hin untersucht. Sprengbombenrichter sind in unbebauten und vegetationsarmen Gebieten anhand ihres runden Kraterbilds und des sternförmigen Auswurfsaums – abhängig von ihrem Alter, der Beschaffung des Untergrunds und der Bildqualität – in der Regel gut zu erkennen. War ein Trichter der Witterung und anderen Umwelteinflüssen ausgesetzt, hat sich seine optische Erscheinung möglicherweise verändert, z. B. indem er abflachte oder wieder verfüllt wurde. In bebauten und vegetationsreichen Gebieten wie Städten und Wäldern ist das Erkennen von Trichtern deutlich schwieriger, da sie durch Schlagschatten und/oder Verkippung (Radialversatz) von hohen Strukturen verdeckt werden können.

Sprengbomben-Blindgänger sind weder von einem runden Krater noch von einem sternförmigen Auswurf umgeben. Die Größe ihres Einschlagspunkts entspricht dem Durchmesser der Sprengbombe, welcher in der Regel bei ca. 50 Zentimetern liegt. Sprengbomben-Blindgänger sind daher nur auf Luftbildern von besonders guter Qualität und unter besten räumlichen Bedingungen als kleine, dunkle Punkte zu erkennen.

Artilleriebeschuss ist in Abhängigkeit von der Qualität der verfügbaren historischen Luftbilder in der Regel ebenfalls äußerst schwierig zu erkennen, da die Explosionstrichter von Artilleriegranaten ungleich kleiner und flacher sind als die der Sprengbombenrichter. Die Einschlagspunkte nicht explodierter Artilleriegranaten sind dabei nochmals um ein Vielfaches kleiner. Neben Luftbildern bester Qualität liefert häufig die historische Recherche Hinweise für einen Artilleriebeschuss und dadurch entstandene Schäden.

Aufgrund der dargelegten Widrigkeiten und um ein möglichst vollständiges Bild der potenziellen Kampfmittelbelastung zu erhalten, gilt es, Luftbilder möglichst vieler verschiedener Zeitschnitte auszuwerten. Zu diesem Zweck führen wir regelmäßig neue Recherchen zur Luftbildabdeckung durch und erweitern ständig unsere Bestände.

Für die historische Recherche werden Archivalien nationaler und internationaler Archive untersucht. Dabei handelt es sich zum einen um Berichte der alliierten Streitkräfte zu den geplanten und durchgeführten Luftangriffen auf deutsche Ziele und zum anderen um Schadensberichte der deutschen Behörden infolge dieser Angriffe. Die Zahl der beteiligten Flugzeuge gibt einen Eindruck von der Größe des Angriffs.

Außerdem liefern die Menge und die verschiedenen Arten der mitgeführten Abwurfmunition sowie ihrer Zünder wertvolle Informationen.

In den After Action Reports (AAR) der alliierten Streitkräfte finden sich zum Ende des Zweiten Weltkriegs Hinweise darauf, wann und von welchen Truppen das Untersuchungsgebiet eingenommen wurde und welche Schäden dabei möglicherweise entstanden sind. Dies ist besonders in Bezug auf den Artilleriebeschuss von Bedeutung, weil einerseits die dadurch entstandenen Schäden auf den historischen Luftbildern in der Regel äußerst schwierig zu erkennen sind. Andererseits sind oftmals keine Luftbilder verfügbar, die nach dem Zeitpunkt der Einnahme aufgenommen wurden.

3. Untersuchungsgebiet

3.1 Angaben zum Untersuchungsgebiet

Projekt:	Kaiser-Wilhelm-Straße 3, Helfenstein-Gymnasium, Erweiterung
Bundesland:	Baden-Württemberg
Stadt:	Geislingen an der Steige
Straße:	Kaiser-Wilhelm-Straße
Gemarkung:	Geislingen
UTM 32N-Koordinaten ca.:	R: 561 805, H: 5 385 641

Übersichtsdarstellung mit Lage des Untersuchungsgebiets (schwarz markiert)



3.2 Einordnung in den historischen Kontext

Die Große Kreisstadt Geislingen an der Steige liegt am Rande der Schwäbischen Alb im Filstal im Landkreis Göppingen. Der wirtschaftliche Aufschwung Geislingens begann mit der Eröffnung der von 1847 bis 1850 gebauten Filstalbahn zwischen Stuttgart und Ulm und der Niederlassung verschiedener Industriebetriebe, darunter die Maschinenfabrik AG (MAG) und die 1853 gegründete Plaquéfabrik, aus der 1880 die Württembergische Metallfabrik (WMF) hervorging.

Im Zweiten Weltkrieg geriet Geislingen erst gegen Ende des Kriegs ins Visier alliierter Jagdbomber. Besonders der Bahnhof und die Bahnanlage waren bei diesen taktischen Luftangriffen das Ziel. Dabei entstanden aber auch Schäden am Gaswerk in Geislingen. Mit dem Vorrücken der amerikanischen Truppen kam es im April 1945 auch zu vereinzelt Artilleriebeschuss auf die Umgebung. Südwestlich der Stadt, an der Straße nach Türkheim, war kurzzeitig eine deutsche Granatwerfer-Stellung errichtet worden, die die amerikanischen Truppen auf der Straße von Geislingen nach Bad Überkingen beschoss. Am 21. April 1945 rückten die Amerikaner, aus Richtung Göppingen vorstoßend, von Nordwesten her in Geislingen ein, wobei es immer wieder zu Zusammenstößen mit deutschen Spähtrupps kam. Am 22. April 1945 hielten die deutschen Befehlshaber auf der Albhochfläche die amerikanischen Kräfte in und um Geislingen sowie in Bad Überkingen für so schwach, dass ein Gegenangriff gewagt wurde. In Geislingen entwickelten sich Scharmützel und Häuserkämpfe zwischen amerikanischen und deutschen Truppen. Erst am 23. April 1945 konnten die Amerikaner Geislingen endgültig einnehmen.

4. Auswertungsgrundlagen und Methodik

4.1 Grundlagen der Luftbildauswertung

Für das vorliegende Gutachten wurden 51 Luftbilder aus dem Befliegungszeitraum vom 11.04.1942 bis zum 10.07.1945 ausgewertet.

Die Qualität der Luftbilder hinsichtlich Schärfe, Auflösung, Bildmaßstab sowie Einflüssen des Aufnahmezeitpunkts (z. B. Sonnenstand, Verschattung, Vegetationsphase, Rauch) und der Witterungsverhältnisse (Wolken, Dunst, Regen, Schnee) ist als gut zu bewerten.

Das Untersuchungsgebiet ist in Bezug auf Sprengbombenrichter überwiegend gut und in Bezug auf Blindgängereinschläge sehr schlecht einzusehen.

Für jedes Projekt wird das eigene Luftbildarchiv bei Bedarf erweitert, um möglichst viele Zeitschnitte auswerten zu können. Dazu werden in inländischen und ausländischen Archiven – z. B. Landesämter bzw. National Archives & Records Administration (NARA), USA, National Collection of Aerial Photography (NCAP), Großbritannien – Luftbildrecherchen durchgeführt und gegebenenfalls weitere historische Luftbilder gekauft, die das Untersuchungsgebiet abdecken. Da vor allem in Städten mit bedeutender,

insbesondere rüstungsrelevanter Industrie oder Orten mit Verkehrsknotenpunkten sowie im heftig umkämpften Grenzgebiet von Deutschland zu den westlichen Nachbarländern häufig mehrere Hundert Luftbilder für ein Untersuchungsgebiet verfügbar sind, wird in solchen Fällen eine repräsentative Auswahl ausgewertet. Die repräsentative Auswahl der Luftbilder deckt – sofern möglich – mindestens alle Zeitpunkte ab, zu denen aus der historischen Recherche Kriegsereignisse bekannt sind, um anhand der Luftbildauswertung ein möglichst vollständiges Schadensbild des Untersuchungsgebiets zu erstellen.

Ist bei einem Projekt die Einsehbarkeit der zu untersuchenden Auswertungsfläche durch Wald erschwert, wird zusätzlich ein hochauflösendes Digitales Geländemodell (DGM) ausgewertet, das die Geländeoberfläche ohne Vegetation darstellt. Auf einem DGM sind im Zweiten Weltkrieg entstandene Explosionstrichter häufig noch gut erkennbar, da in Waldgebieten nur selten starke Eingriffe vorgenommen werden und somit die damalige Geländeoberfläche noch erhalten ist.

4.2 Methodik der Luftbildauswertung

Die Luftbilder werden mithilfe analoger und digitaler Bildbetrachtungstechniken, soweit möglich stereoskopisch, durchmustert und in Bezug auf mögliche Sprengbombentrichter, Blindgängereinschläge, Artilleriebeschuss, militärische Nutzungen, Verteidigungsanlagen und zerstörte bzw. schwer beschädigte Gebäude untersucht und ausgewertet.

Zur Analyse der Gesamtsituation werden gegebenenfalls die Art und Weise der Bombardierungen, außerdem die Häufigkeit der in der Umgebung des Untersuchungsgebiets auftretenden Sprengbombentrichter sowie im Speziellen Flakstellungen, Grabensysteme oder weitere militärisch angelegte und genutzte Strukturen sowie die zivile Infrastruktur miteinbezogen.

Zusätzlich zum eigentlichen Untersuchungsgebiet wird ein projekt- und bundeslandspezifischer Sicherheitspuffer ausgewertet. Alle Befunde wie Sprengbombentrichter, zerstörte Gebäude etc. innerhalb dieser Auswertungsfläche (Untersuchungsgebiet plus Sicherheitspuffer) führen dazu, dass weitere Untersuchungen durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst des jeweiligen Bundeslandes oder durch ein privates autorisiertes Unternehmen notwendig werden.

4.3 Auswertungsgrundlagen der historischen Recherche

Für die historische Recherche wird, bezogen auf das jeweilige Untersuchungsgebiet, eine ausführliche Archiv- und Literaturrecherche zu den verschiedenen Kriegsereignissen (z. B. Luftangriffe, Artilleriebeschuss, Bodenkämpfe) betrieben. Außerdem wird bezüglich einer möglichen militärischen Nutzung bzw. der Herstellung oder Vernichtung von Munition recherchiert. Ergänzt wird die Archiv- und Literaturrecherche durch eine Internetrecherche. Die Ergebnisse liefern wichtige Informationen über die Nutzungshistorie des Untersuchungsgebiets sowie für die Auswertung der Luftbilder und ermöglichen, ein

Gesamtbild der Kriegsgeschehnisse im relevanten Untersuchungsgebiet und dessen Umgebung nachzuzeichnen. Dabei bilden die Akten der amerikanischen und britischen Nationalarchive – National Archives & Records Administration (NARA) in Washington D.C. und The National Archive (TNA) in London – sowie des deutschen Bundesarchivs, Abteilung Militärarchiv in Freiburg im Breisgau die Grundlage. Des Weiteren vervollständigen die Akten der Landes-, Stadt- und Gemeindearchive das Ergebnis der Recherche. Informationen zu strategischen und taktischen Luftangriffen im Zweiten Weltkrieg liefern zudem die Akten der Air Force Historical Research Agency (AFHRA) in Alabama, Maxwell Air Force Base.

Die Ergebnisse der Recherche werden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) verortet und gespeichert. Auf diese Weise dienen sie, die Luftbildauswertung ergänzend, der Anschaulichkeit und Interpretation der Ereignisse.

5. Ergebnis der Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung

Auf den untersuchten Luftbildern und in der historischen Recherche finden sich keine Hinweise, die auf eine Bombardierung des Untersuchungsgebiets mit Sprengbomben oder einen Beschuss mit Artillerie rückschließen lassen. Ebenso ergeben sich keine Hinweise auf zerstörte Gebäude, Flakstellungen, Grabensysteme und weitere militärisch genutzte Strukturen.

Die aus der historischen Recherche bekannten, in Kapitel 3.2 aufgeführten Ereignisse fanden in einer solchen Entfernung zum Untersuchungsgebiet statt, dass sie keinen Einfluss auf das Ergebnis des vorliegenden Gutachtens haben.

Das Untersuchungsgebiet liegt in einer flachen Senke, die nach dem Zweiten Weltkrieg aufgefüllt wurde. Der südliche Teil der Auswertungsfläche war bereits auf den Luftbildern vom 11. April 1942 Auffüllungsgelände (siehe Anlage 1, untere Abbildung).

6. Fazit

Die Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung hat keine Anhaltspunkte für das mögliche Vorhandensein von Kampfmitteln innerhalb des Untersuchungsgebiets ergeben. Es besteht keine Notwendigkeit, den Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg oder ein anderes autorisiertes Unternehmen zu weiteren Erkundungen einzuschalten.

Nach unserem jetzigen Kenntnisstand sind in Bezug auf nicht detonierte Sprengkörper (Blindgänger) keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Die Erkundungs- und Bauarbeiten können diesbezüglich ohne weitere Auflagen durchgeführt werden.

Dieser Bericht hat nur für das oben und auf der Anlage 1 beschriebene Untersuchungsgebiet und für den Zeitraum des beschriebenen Bauvorhabens Gültigkeit. Es können daraus keine Aussagen für eventuelle Eingriffe in den Untergrund außerhalb des Untersuchungsgebiets abgeleitet werden.

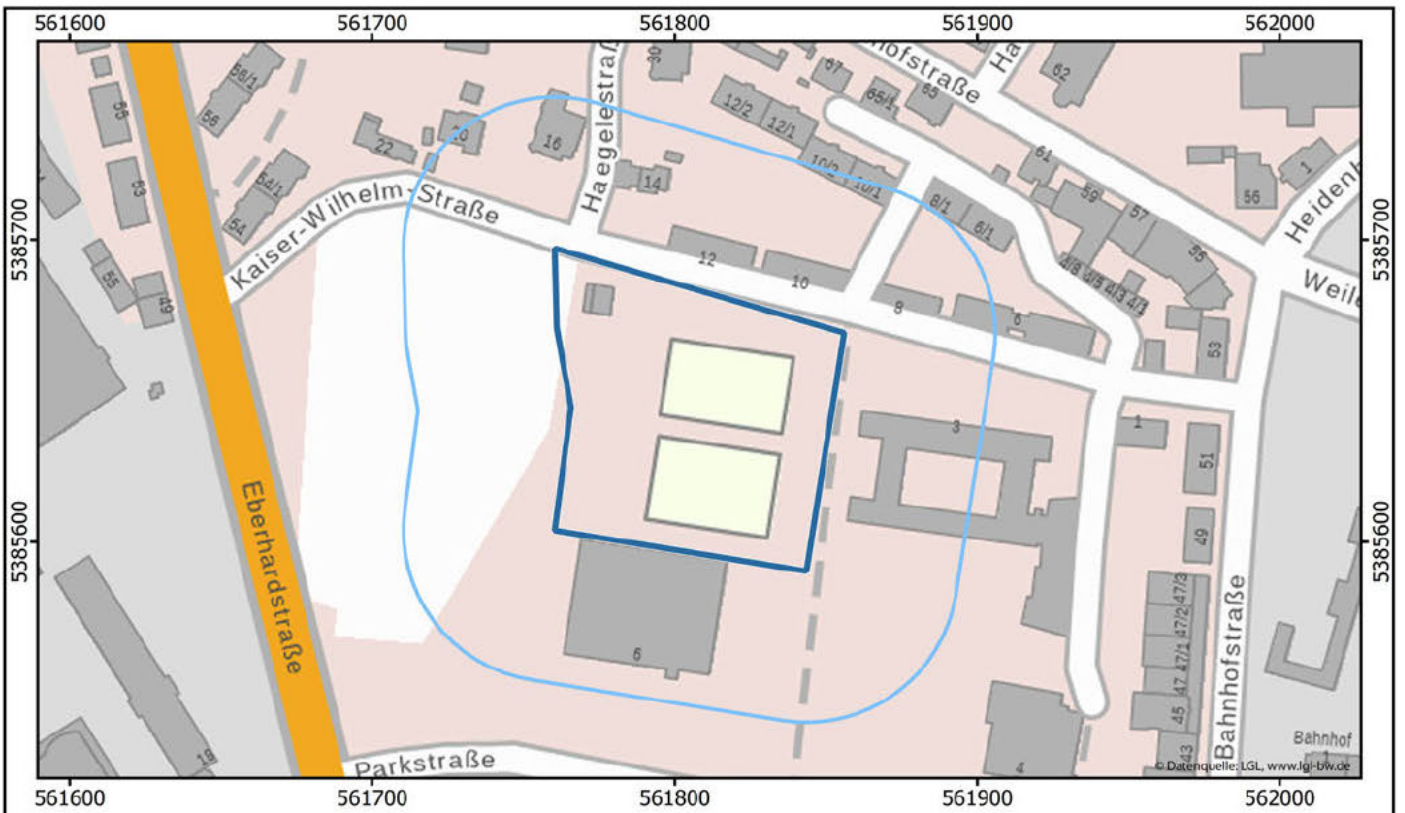
Die Ergebnisse der Luftbilddauswertung basieren auf der Interpretation der in Kapitel 4.1 „Grundlagen der Luftbilddauswertung“ genannten Bilder. Daher beziehen sich die diesbezüglich gemachten Aussagen nur auf die Befliegungsdaten der ausgewerteten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen. In der Nachkriegszeit bereits durchgeführte Räumungen oder Veränderungen der untersuchten Fläche, wie beispielsweise Baumaßnahmen, Geländeabtragungen oder Aufschüttungen, die zu einer Veränderung der Belastungssituation geführt haben können, sind in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

Diese Mitteilung kann nicht als Garantie für die absolute Kampfmittelfreiheit des Untersuchungsgebiets gewertet werden.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Anlage 1: Ergebnis der Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung sowie Ausschnittvergrößerung eines Luftbilds vom 11.04.1945



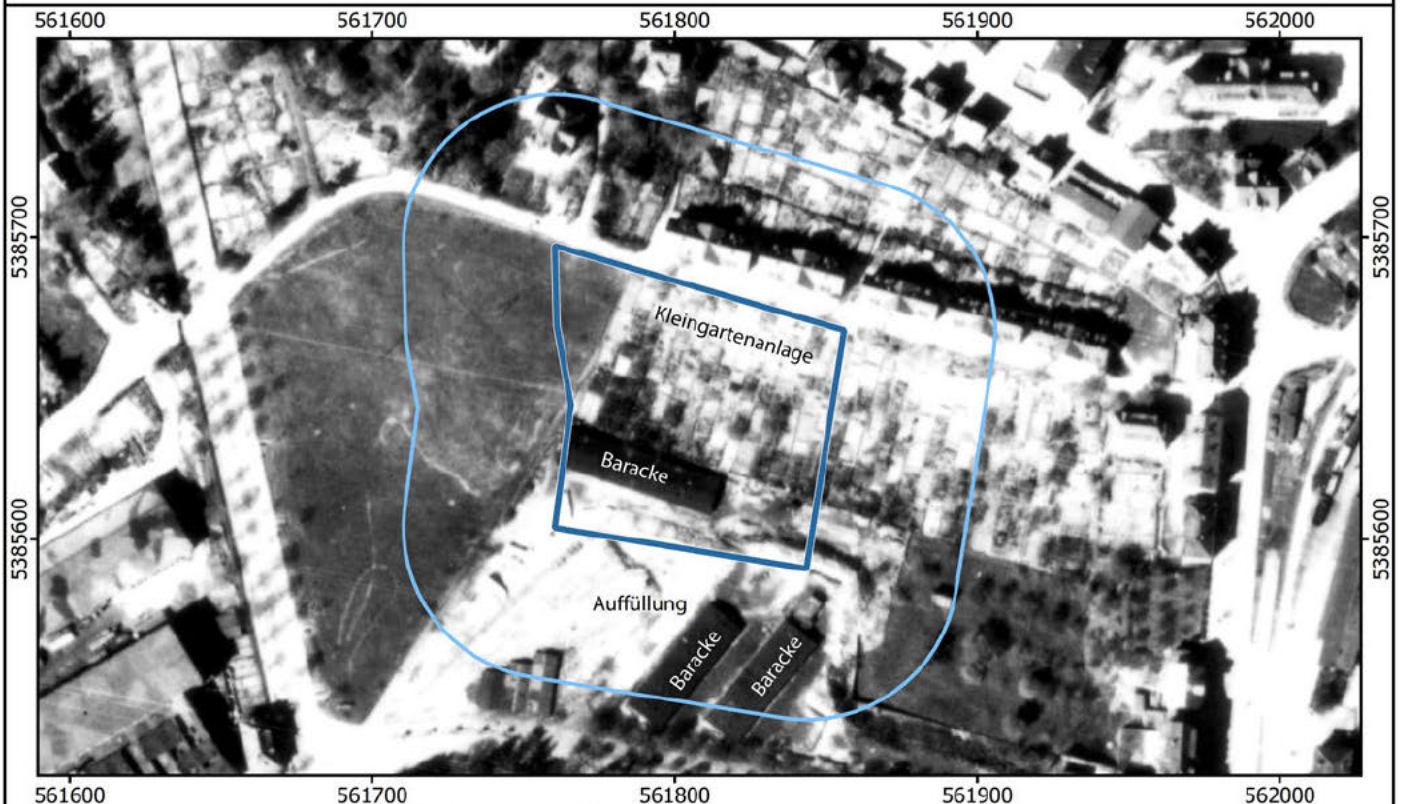
Ergebnis der Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung: ohne Befund.

- Legende
- Untersuchungsgebiet
 - Auswertungsfläche



0 25 50 75 100 m

Maßstab 1 : 2500 – Originalgröße DIN A4
Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 UTM 32N



Ausschnittvergrößerung eines Luftbilds vom 11.04.1945.

Die Reproduktion des Luftbilds ist aus urheberrechtlichen Gründen nicht gestattet.

Projekt-Nr.: 22.11.28-05

Luftbildauswerter: Jonischkeit

25.11.2022

Anlage 1

Vorerkundung auf Kampfmittelbelastung

(Anlage nur in Verbindung mit Gutachtentext gültig)

Geislingen an der Steige

Kaiser-Wilhelm-Straße 3, Helfenstein-Gymnasium, Erweiterung

Boden- und Felsklassen nach DIN 18300

Erdarbeiten

Ausgabe September 2012

(ersetzt durch die aktuelle Ausgabe September 2019)

Klasse 1: Oberboden

Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

Klasse 2: Fließende Bodenarten

Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Konsistenz sind und die das Wasser schwer abgeben.

Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten

Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit höchstens 15 % Masseanteil an Schluff und Ton mit Korngrößen kleiner 0,063 mm und mit höchstens 30 % Masseanteil an Steinen mit Korngrößen über 63 mm bis 200 mm.

Organische Bodenarten, die nicht von flüssiger bis breiiger Konsistenz sind, und Torfe.

Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten

Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit über 15 % Masseanteil der Korngröße kleiner 0,063 mm. Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und höchstens 30 % Masseanteil an Steinen enthalten.

Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten

Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit über 30 % Masseanteil an Steinen.

Bodenarten mit höchstens 30 % Masseanteil an Blöcken der Korngröße über 200 mm bis 630 mm.

Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.

Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten

Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte Bodenarten, z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen.

Bodenarten mit über 30 % Masseanteil an Blöcken.

Klasse 7: Schwer lösbarer Fels

Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt und eine hohe Festigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind, auch unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, verfestigte Schlacken und dergleichen.

Haufwerke aus großen Blöcken mit Korngrößen über 630 mm.

Boden- und Felsklassen nach DIN 18301 Bohrarbeiten

Ausgabe September 2012

(ersetzt durch die aktuelle Ausgabe September 2019)

Klasse B: Boden

Klasse BN: Nichtbindige Böden, Hauptbestandteile Sand und Kies, Korngröße bis 63 mm.

Feinkomanteil	Klasse
bis 15 %	BN 1
über 15 %	BN 2

Klasse BB: Bindige Böden, Hauptbestandteile Schluff, Ton oder Sand, Kies mit starkem Einfluss der bindigen Anteile.

Undränirte Scherfestigkeit c_u kN/m ²	Konsistenz	Klasse
bis 20	flüssig bis breiig	BB 1
über 20 bis 200	weich bis steif	BB 2
über 200 bis 600	halbfest	BB 3
über 600	fest bis sehr fest	BB 4

Klasse BO: Organische Böden, Hauptbestandteile Torf, Mudde und Humus.

Hauptbestandteile	Klasse
Mudde, Humus und zersetzte Torfe	BO 1
unzersetzte Torfe	BO 2

Zusatzklasse BS: Steine und Blöcke
Kommen in Lockergesteinen Steine und Blöcke vor, so ist die Zusatzklasse BS ergänzend zu den Klassen BN, BB und BO anzugeben.

Korngröße	Volumenanteil Steine und Blöcke	
	bis 30 %	über 30 %
über 63 mm bis 200 mm (Steine)	BS 1	BS 2
über 200 mm bis 630 mm (Blöcke)	BS 3	BS 4

Blöcke größer als 630 mm sind hinsichtlich ihrer Größe gesondert anzugeben.

Klasse F: Fels

Klasse FV

Verwitterungsgrad	Trennflächenabstand		
	bis 10 cm	über 10 cm bis 30 cm	über 30 cm
zersetzt	in Klasse BB oder BN einzustufen		
entfestigt	FV 1		
angewittert	FV 2		FV 3
unverwittert	FV 4	FV 5	FV 6

Verwitterungsgrad und Trennflächenabstand sind gemäß FGSV 543 anzugeben.

Zusatzklassen FD: Einaxiale Festigkeit
Für die Felsklassen FV 2 bis FV 6 sind die Zusatzklassen FD ergänzend anzugeben.

Einaxiale Festigkeit N/mm ²	Klasse
bis 20	FD 1
über 20 bis 80	FD 2
über 80 bis 200	FD 3
über 200 bis 300	FD 4
über 300	FD 5