

20-101 Stuttgart-Münster, Austraße: Neubau Freiwillige Feuerwehr

Geotechnischer Bericht

Auftraggeber
Landeshauptstadt Stuttgart
Hochbauamt
Hauptstätter Straße 66
70178 Stuttgart
Frau Dipl.-Ing. Architektin
Tel: 0711 / 216-25546
E-Mail: @stuttgart.de

Architekt
Herr Dipl.-Ing.
Freier Architekt
Lothringer Straße 11
70435 Stuttgart
Tel: 0711 / 389-0446
E-Mail: info@wypior-architekten.de

Ort und Datum
Stuttgart, 16.11.2020
Verteiler
Digital an die Beteiligten, 3fach in Papierform an AG
Textseiten; Anlagen
36; 1.1 bis 4 (26 Blatt)
Bericht-Nr.; Zeichen
717833-01; Pz/DT/Bn/Lr

Projektleiterin
Dr.-Ing. (D:-19)
Bearbeiter Bautechnik
Dipl.-Ing. (D:-29)
Bearbeiter Baugrund
Dipl.-Geol. (D:-38)



<u>Inhalt</u>	Seite
1 Bezug und Unterlagen	3
2 Lage und Bauwerksbeschreibung.	4
3 Untersuchungsumfang	6
4 Baugrund	8
5 Grundwasser	10
6 Eigenschaften von Boden und Fels	11
6.1 Ergebnisse der Feldversuche	12
6.2 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	13
6.3 Klassifikation und charakteristische Kennwerte	13
6.4 Homogenbereiche	16
7 Bautechnische Folgerungen	18
7.1 Gründung	18
7.2 Herstellen der Baugrube	20
7.2.1 Erdaushub und Wiederverwendbarkeit von Böden	20
7.2.2 Baugrubenböschungen	21
7.2.3 Verbau	22
7.2.4 Winkelstützwand	25
7.2.5 (Tag-) Wasserhaltung	27
7.3 Trockenhaltung des Bauwerks	27
7.4 Hinterfüllung und Erddruck	29
7.5 Verkehrsflächen und Aufbau unter Bodenplatten	33
8 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung	35
 <u>Anlagen</u>	
siehe Anlagenverzeichnis	36

1 Bezug und Unterlagen

Auftrag: Durch das Hochbauamt der Landeshauptstadt Stuttgart wurden wir mit Ingenieurvertrag am 06.07.20 auf der Grundlage unseres Leistungs- und Honorarvorschlags vom 19.11.19 beauftragt, für den geplanten Neubau einer Feuerwehrrache in der Austraße in Stuttgart-Münster eine Baugrunderkundung zu planen, zu betreuen und durchzuführen sowie den vorliegenden Geotechnischen Bericht zu erstellen.

Die ebenfalls beauftragte orientierende Untersuchung und abfalltechnische Einstufung der Böden werden in einer gesonderten Stellungnahme zusammengestellt.

An **Unterlagen** zum Bauvorhaben erhielten wir vom Auftraggeber, Hochbauamt Stuttgart, per E-Mail am 30.07.19:

- 1 Lageplan (M 1:1.161) mit Skizzierung des Baufeldes, Stand 06.09.18,
 - 1 Lageplan (M 1:1.000) mit Kampfmittelerkundung, Stand 01.02.13,
am 02.08.19:
 - 1 Ergebnis der Machbarkeitsstudie, Stand 02.08.19,
 - 1 Gesamtleitungsplan (M 1:200), Stand 01.02.13,
 - 1 Höhenplan (M 1:500), Stand 27.08.18,
am 23.10.19:
 - 1 Auswertung Kampfmittelerkundung vom Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) Baden-Württemberg, Stand 22.10.19,
am 07.11.19:
 - Protokoll zum Ortstermin am 05.11.19 vom KMBD,
 - 1 Lageplan (M 1:500) mit Grundriss OG und Außenanlagen, undatiert,
 - 1 Querschnitt (M 1:500), undatiert,
 - 3 Grundrisse (M 1:500) EG, ZG und OG, undatiert,
am 04.08.20:
 - 1 Plan (M 1:200) Variante 4 mit Lageplan, Grundriss EG, 1. OG und 2. OG, und Schema-schnitt, Stand 04.08.20,
am 05.08.20:
 - 1 Google-Maps-Baustellenbild während des Baus der U-Bahnlinie U12,
 - 1 Bestands- und Konfliktplan (M 1:1000), Stand 21.04.11
sowie am 10.08.20:
 - 1 Plan (M 1:250) mit Höhen (mNN) und Rechts-/ Hochwerte (UTM) der Bohransatzpunkte vom Vermesser, Stand 05.08.20.
- Für die Bearbeitung des Geotechnischen Berichts haben wir folgende Pläne als Grundlage verwendet, die wir am 10.08.20 erhalten haben:
- 1 Lageplan, Gebäudekante (M 1:500), Stand 21.10.20

- 1 Lageplan, Vorplanung (M 1:500), Stand 13.10.20 sowie
- 1 Präsentation zur Vorstellung der Vorplanung, 19.10.20, Architekt

Beim Bohrarchiv des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) Freiburg beschafften wir uns weitere Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse von Fremdbohrungen, die in der Vergangenheit in der Umgebung des Baufelds niedergebracht worden waren.

Außerdem standen uns zur Verfügung:

- Blatt 7121 Stuttgart-NO der Geologischen Karte (M 1:25 000) von Baden-Württemberg mit Erläuterungen, Stuttgart 1960,
- Blatt 57-5 der Baugrundkarte von Stuttgart (M 1:5 000), Stuttgart 1961 und 2017,
- Blatt 2 der Hydrogeologischen Karte (M 1:10 000) von Stuttgart, Stuttgart 1975,
- Blatt NO 30/11 der Höhenflurkarte (M 1:2 500) von Württemberg, Stand 1890 und 1920 sowie
- Sämtliche Stellungnahmen und Berichte von S&P des Projekts "00-119 Stuttgart-Hallschlag, Aubrücke: U12 Neubau 3.TA".

2 Lage und Bauwerksbeschreibung.

Lage: Das untersuchte Grundstück liegt in Münster, einem Stadtbezirk der Landeshauptstadt Stuttgart, rund 800 m nordwestlich des Ortskerns von Münster. Es befindet sich etwa 80 m südlich des Neckarufers, an einem nach Nordosten in Richtung Neckartal einfallenden Hang (Anlage 1.1).

Das Grundstück wird durch die Löwentorstraße im Osten und Südosten, der Austraße im Norden und Nordosten sowie der U-Bahntrasse der Linie U12 im Westen und Südwesten begrenzt (Anlage 1.2). Die U-Bahntrasse verläuft entlang der westlichen Baufeldgrenze und mündet im Süden des Baufeldes in einen Tunnel, welcher im weiteren Verlauf die Löwentorstraße sowie weiter südlich die S-Bahntrasse der Deutschen Bahn quert.

Durch das Baufeld verläuft von West nach Ost eine **Fernwärmeleitung**. Die OK Schutzhaube wird gemäß den vorliegenden Unterlagen mit 218 mNN angegeben.

Zum Zeitpunkt der Erkundung war das Baufeld im Nordosten begrünt, mit Bäumen und Sträuchern bewachsen und wurde in der Vergangenheit als Schrebergarten genutzt. Der südliche sowie der nordwestliche Bereich des Baufeldes dienten während des Baus der benachbarten U-Bahntrasse als Baustelleneinrichtungsfläche. Diese Fläche war mittlerweile ebenfalls begrünt. Ferner wurde während des Baus ein asphaltierter Verbindungsweg, zwischen der Austraße und der Löwentorstraße errichtet (Anlage 1.2). Dieser bindet etwa 1 m

bis 2 m in das Gelände ein und führte von der nordwestlichen Ecke des Baufeldes, entlang der U-Bahntrasse bis zur Baufeldmitte, wo er in Richtung Osten weiterführte und in die Löwentorstraße mündete.

Das Gelände fiel von rund 229 mNN im äußersten Süden, wo sich der U-Bahntunnel und die Löwentorstraße kreuzen, auf knapp 218 mNN nach Nordosten, im Bereich der Austraße, ab. Gemäß den Höhenflurkarten aus den Jahren 1890 und 1920 war das Baufeld damals unbebaut (Anlage 1.3). Das ursprüngliche Gelände fiel von 224 mNN im Süden auf 218 mNN nach Norden ab.

Die genauen geodätischen Grundstücksdaten sind in Anlage 2 angegeben.

Bauwerksbeschreibung: Geplant ist Neubau eines Feuerwehrhauses für die Freiwillige Feuerwehr Stuttgart-Münster mit 2 bzw. 3 Geschossen. Die Abmessungen im Grundriss betragen rund 36,5 m mal 24 m, die Höhe rund 11 m. Im Tiefgeschoss sollen etwa 20 Pkw-Stellplätze untergebracht werden. Der Geländeoberfläche folgend befindet sich im südwestlichen Gebäudebereich die Fahrzeughalle im Erd- und Obergeschoss. In den übrigen Bereichen des Erd- bzw. Obergeschosses sind Sozialräume vorgesehen.

Die Zufahrt zum Tiefgeschoss soll von der Austraße aus auf einer Geländehöhe von etwa 218,8 mNN erfolgen. Südwestlich des Gebäudes ist ein Übungshof sowie eine Aufstellfläche für die Einsatzfahrzeuge vorgesehen. Die geplante Geländehöhe liegt hier zwischen etwa 223 mNN und 223,5 mNN. Das Bauwerk bindet somit insbesondere auf der Südwest- und Südostseite zwischen etwa 4,5 m und 5 m in das Gelände ein.

Im westlichen Bereich des Grundstücks ist eine Rampe vorgesehen, über die die Alarmausfahrten zur Austraße und zur Löwentorstraße erreicht werden können. Die Steigung bzw. das Gefälle der Rampe beträgt entsprechend der bestehenden Geländeoberfläche zwischen rund 5 % und knapp 10 %. Da sich die Geländeoberfläche im Bereich der Alarmausfahrt Löwentorstraße auf einer Höhe von etwa 227,5 mNN befindet, ist in diesem Bereich eine bis etwa 4 m hohe Geländesprungsicherung zum Übungshof erforderlich.

Bauwerksnull steht noch nicht fest, dürfte aber etwa auf Höhe der Geländeoberfläche zur Zu- bzw. Ausfahrt zur Austraße bei rund 218,8 mNN zu liegen kommen.

Angaben zu Bauwerkslasten liegen noch nicht vor. Nach eigenen überschlägigen Berechnungen dürften die charakteristischen Fundamentlasten in einer Größenordnung von

- charakteristische Streifenlasten: 150 kN/m bis 250 kN/m
 - charakteristische Einzellasten: 1 MN bis 2 MN
- zu erwarten sein.

Das Bauwerk ist nach DIN 1054 in die Geotechnische Kategorie (GK) 2 einzuordnen.

3 Untersuchungsumfang

Bereits für die Bearbeitung unseres Leistungs- und Honorar Vorschlags haben wir die in Abschnitt 1 aufgeführten Unterlagen aus unserem Archiv über das Baugelände ausgewertet. Aufgrund der in der Vergangenheit bereits im Bereich der U-Bahntrasse abgeteufte Kernbohrungen konnten wir auf eine Erkundung mittels weiterer Kernbohrungen verzichten.

Zur **Erkundung** der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden am 27. und 28.07.20 von S&P mit einem mechanisch-hydraulisch betriebenen Rammkernbohrgerät sowie einem Elektrobohrhammer

12 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Tabelle 2, Zeile 9, mit Tiefen zwischen 0,5 m und 9,0 m, mit insgesamt

50,1 Bohrmetern

niedergebracht. Die Kleinbohrungen BS 1 und BS 6 mussten wegen Bohrhindernissen einmal bzw. viermal umgesetzt werden.

Zusätzlich wurden von S&P am 27. sowie am 28.07.20

5 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde: DPH (Dynamic Probing Heavy) nach DIN EN ISO 22476-2, mit insgesamt 31,2 Sondiermetern,

niedergebracht. Sie wurden jeweils ab der Endtiefe der Kleinbohrungen BS 1 bis BS 5 in den jeweiligen Bohrlöchern durchgeführt (kombinierte Kleinbohrungen/ Rammsondierungen). Nach Abschluss der Arbeiten wurden alle Kleinbohrungen und Rammsondierungen mit einer Zement-Bentonit-Suspension verfüllt, nähere Angaben dazu siehe Anlage 2.

Im Vorfeld der Erkundung haben wir am 26.06.20 beim Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart gemäß § 43 des Wassergesetzes von Baden-Württemberg einen Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis für die Erkundungsarbeiten eingereicht. Die Erlaubnis hierzu erhielten wir vom Amt am 03.07.20.

Aus dem Bericht des **Kampfmittelbeseitigungsdienstes** (KMBD) geht hervor, dass das Gelände 1944/45 bombardiert wurde. In der direkten Umgebung konnte ein Blindgängerverdachtspunkt lokalisiert und Bombenblindgänger nicht ausgeschlossen werden. Daher wurden alle Erkundungspunkte auf Kampfmittel von der Terrasond Kampfmittelräumung GmbH vorsondiert und freigemessen.

Aufgrund eines Bohrhindernisses (Asphaltdecke) im Bereich der Kleinbohrung BS 6, bei dem das Gestänge des Kleinrammbohrgerätes von S&P in Anschluss mehrmals aufsaß, wurde

von der Firma Terrasond zusätzlich ein weiterer Ansatzpunkt, etwa 10 m weiter östlich von der ursprünglich vorgesehenen Bohrstelle, vorsondiert. Allerdings konnte dieser aufgrund von Störkörpern im Untergrund/ Auffüllungen nicht freigegeben werden. Daher durchbohrte die Firma Terrasond das Bohrhindernis im Bereich des ursprünglich geplanten Bohransatzpunktes für die nachfolgende Kleinrammbohrung BS 6-4.

Die Erkundungspunkte wurden vom Vermesser nach Lage (Gauß-Krüger-System) und Höhe (mNN) eingemessen. Die Daten erhielten wir vom Auftraggeber am 10.08.20 per E-Mail. Sie sind zusammen mit unseren früheren Bohrungen und der Fremdbohrung in Anlage 1.2 eingezeichnet.

Die Böden wurden durch **S&P** visuell und durch manuelle Feldversuche nach DIN EN ISO 14 688 und DIN EN ISO 14 689-1 angesprochen und ingenieurgeologisch aufgenommen.

Die Schichtenfolgen der Kleinbohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in Anlage 2.1 dargestellt und beschrieben sowie in einem geologischen Geländeschnitt eingearbeitet (Anlage 3.1). Die Ergebnisse der Rammsondierungen sind in den Rammsondierdiagrammen in Anlage 2.2 dargestellt.

Die Signaturen, Zeichen und Bezeichnungen in den Anlagen 2 und 3 sind in Anlage 2.0 erläutert.

Den Kleinbohrungen wurden insgesamt

- 37 Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN 1997-2, Tab. 3.1 und
DIN EN ISO 22 475

entnommen.

Alle Proben werden nach Abgabe des Geotechnischen Berichts drei Monate lang aufbewahrt und danach, sofern sie der Auftraggeber nicht anfordert oder eine längere Einlagerung wünscht, ohne Ankündigung entsorgt.

An ausgewählten Proben wurden in unserem geotechnischen Labor **bodenmechanische Versuche** durchgeführt:

- 12 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN EN ISO 17 892-1, Teil 1 (Anlage 2, rechts neben den Profilsäulen),
- 2 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN EN ISO 17 892-12, Teil 1 (Anlage 4.1) und
- 1 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 17 892, Teil 4, (Anlage 4.2).

Die Ergebnisse aller Versuche werden in Abschnitt 6 erläutert und bewertet.

4 Baugrund

Durch Interpolation zwischen den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen der aktuellen Erkundung sowie der früheren Bohrungen und der Fremdbohrung haben wir, unter Berücksichtigung geologischer Zusammenhänge, ein räumliches **Modell des Untergrundes** erarbeitet, das nachfolgend beschrieben und in einem geologischen Geländeschnitt (Anlagen 3.1) und einer Schichtlagerungskarte (Anlagen 3.2) dargestellt ist. Das Modell zeigt vereinfacht einen bis zu fünfschichtigem Aufbau aus künstlichen Auffüllungen, Schwemmlern, Auelehm, Terrassenschotter sowie den Schichten des Gipskeupers:

- Zuoberst liegen im gesamten Untersuchungsgebiet künstliche **Auffüllungen**. Abgesehen von den asphaltierten Oberflächenbefestigungen bestehen diese überwiegend aus einem tonigem Schluff von vorherrschend steifer und halbfester, vereinzelt auch weiche bis steife Konsistenz. Innerhalb der bindigen Auffüllungen sind kiesgroße Bröckchen aus Kalkstein, Dolomitstein, Tonstein, Sandstein und Quarz sowie Fremdbestandteile wie Asphalt- und Ziegelreste eingelagert. Bereichsweise wurden Sand- und Kieslagen innerhalb der bindigen Auffüllung erkundet.

Im Bereich der Kleinbohrung BS 6, also im südlichen Bereich des Baufeldes, wurde in einer Tiefe von rund 0,5 m unter Gelände eine Asphaltdecke erkundet, welche entsprechend dem in Abschnitt 1 aufgeführten Baustellenbild im Zuge des U-Bahntunnelbaus aufgebracht wurde und als Baustelleneinrichtungsfläche diente. Soweit auf dem Bild erkennbar und aufgrund dessen, dass auch nach mehrmaligen umsetzen der Kleinbohrung BS 6 diese Asphaltdecke nicht durchbohrt werden konnte, ist davon auszugehen, dass sich die Asphaltdecke über einen größeren Bereich im Süden des Baufeldes erstreckt. Ferner wurde dort in einer Tiefe von 3,6 m unter Gelände mit der Kleinbohrung BS 6-4 ein weiteres Bohrhindernis angetroffen, bei dem das Bohrgestänge erneut aufsaß und die Bohrung abgebrochen werden musste.

Weitere Auffüllungen, die durch die Kleinbohrungen nicht erschlossen wurden, liegen im Bereich der Lärmschutzwälle entlang der Löwentorstraße, im Bereich von Bestandsleitungen, im Bereich der Arbeitsräume des U-Bahntunnels sowie im Bereich des mit Asphalt befestigten Weges.

Vereinzelt wurden an der Geländeoberfläche Bruchstücke von Asbestzementplatten beobachtet, die vermutlich im Zusammenhang mit dem Rückbau des Schrebergartens stehen. Mit den Kleinbohrungen wurden in größeren Tiefen der Auffüllungen derartige Bruchstücke nicht festgestellt.

Der Vergleich mit den aktuellen Höhen und der Höhenflurkarte von 1890 zeigt, dass die erkundete Basis der Auffüllungen dem Verlauf des Urgeländes aus der Höhenflurkarte von 1890 in etwa entspricht. Das heutige Gelände liegt im südlichen Bereich des Bau-

feldes im Vergleich zu damals bis zu 5 m und im nördlichen Bereich rund 1 m höher. Die Höhendifferenz entspricht etwa der Mächtigkeit der Auffüllungen (Anlagen 1.3 und 3).

- Darunter folgt im Bereich der Kleinbohrungen BS 1-1, BS 5 und der früheren S&P-Kernbohrung BK 8445 **Schwemmléhm**: Lössléhm, der von eiszeitlichen Winden auf einer Neckarterrasse abgelagert und bereichsweise durch Bodenfließen umgelagert wurde. Dieser besteht aus einem braunen tonigen, feinsandigen Schluff, in dem zum Teil einzelne kiesgroße, bunte Tonstein-, Dolomitstein- und Sandsteinbröckchen eingelagert sind und dessen Konsistenz vorherrschend steif ist.

Dort, wo der Schwemmléhm angetroffen wurde, beträgt seine Mächtigkeit zwischen rund 1,5 m und 3 m. Entsprechend der Bohrung BK 8445 nimmt die Mächtigkeit südlich des Baufeldes auf bis zu etwa 8 m.

- Unterhalb des Schwemmléhms bzw. dort, wo kein Schwemmlöss angetroffen wurde, direkt unterhalb der Auffüllung, folgt **Auelehm**: feinkörnige Ablagerungen, die sich bei Hochwasser auf der Talbodenfläche als Sinkstoffe des Neckars absetzten. Dieser besteht größtenteils aus einem braunen bis braungrauen und grauen, tonigen Schluff mit wechselndem Sandgehalt von vornehmlich weicher und steifer Konsistenz. Bereichsweise sind schwarzgraue und schwarze organische Lagen im Auelehm zwischengeschaltet. Erfahrungsgemäß sind darüber hinaus Sandlagen im Auelehm nicht auszuschließen.

Der Auelehm ist im Baufeld meist zwischen rund 2 m und 4 m mächtig. Im Bereich des asphaltierten Weges dürfte die Mächtigkeit durch den Einschnitt ins Gelände geringer sein. Nach Norden hin, in Richtung Neckar, nimmt seine Mächtigkeit auf rund 7,5 m zu.

Die Oberfläche des Schwemmléhms bzw. des Auelehms und die Basis der Auffüllungen, entspricht in etwa der ursprünglichen Geländeoberfläche und fällt von rund 224 mNN im Süden auf 218 mNN nach Norden, zur Austraße hin, ab.

Eiszeitliche Fließerde, wie sie in der naheliegenden Kernbohrung BK 8455 unter dem Auelehm erkundet wurde, wurde im Zuge der aktuellen Erkundung in den Kleinbohrungen, die meist bis zur Basis des Auelehms reichten, nicht angetroffen. Es ist nicht auszuschließen, dass diese auch im Baufeld zumindest bereichsweise ansteht.

- Die tiefsten und ältesten quartären Schichten bilden eiszeitliche **Terrassenschotter**: gut gerundete Kalksteinschotter mit wechselndem Sandgehalt und entsprechend den Kernbohrungen häufig vergleichsweise großem Lehmanteil.

Die Oberfläche der Terrassenschotter, die zugleich die Basis des Auelehms ist, fällt von knapp 219 mNN im Süden auf etwa 216 mNN nach Norden ab. (Anlage 3.2.1). Ihre Mächtigkeit beträgt im südwestlichen Bereich des Baufeldes (BS 5/DPH 4) rund 1,5 m und nimmt auf rund 6 m bis 7 m nach Nordwesten zu (BS 3/DPH 2 sowie BS 7/DPH 5).

- Den tieferen Untergrund bilden in Tiefen zwischen etwa 8 m und 15 m die Schichten des **Gipskeupers** (Grabfeld-Formation). Diese wurden im Zuge der aktuellen Erkundung im

Baufeld nicht direkt erschlossen. Aufgrund der umliegenden Kernbohrungen sind diese stratigraphisch dem Bochinger Horizont und darunter den Grundgipsschichten zuzuordnen und bestehen aus olivgrauen und violettbraunen, zum Teil zu Schluff zersetzten Schlufftonsteinen, die gemäß DIN EN ISO 14 689-1 nichtkörnig, dicht und kalkfrei bis kalkhaltig sind, eine schlechte bis mäßige Kornbindung haben und eine außerordentlich geringe einaxiale Druckfestigkeit aufweisen. In Anlehnung an die DIN EN ISO 14 689-1 sind diese den Verwitterungsstufen VS2/3 zuzuordnen.

Die Basis der Grundgipsschichten wurde mit den Kernbohrungen nicht erreicht. Erfahrungsgemäß setzen sich die Schichten des Gipskeupers zur Tiefe hin noch knapp 10 m fort und lagern dort dem Lettenkeuper (Erfurt-Formation) auf.

Eine genaue Abgrenzung zwischen den Terrassenschottern und dem Gipskeuper war mit den Rammsondierungen aufgrund keiner markanten Zunahme der Schlagzahlen nicht eindeutig möglich. Ihre Oberfläche dürfte im Baufeld von rund 217 mNN im Süden auf unter 210 mNN nach Norden fallen (Anlage 3.2.2).

Im Bereich der etwa 30 m nordöstlich des Baufeldes liegenden U-Bahnbrücke "Austraße" wurde in der damaligen Erkundung eine Doline erkundet, welche mit überwiegend lehmig-weichen Sedimenten der Deckschichten verfüllt war. Im Bereich des aktuellen Baufeldes wurden mit den Rammsondierungen keine Dolinenfüllungen angetroffen. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass auch hier Dolinen vorkommen können.

Ferner sind im Bereich des Baufelds in der Geologischen Karte mehrere vermutete Störungen eingetragen. Die Erkundung für die U12 lieferte keine weiteren Hinweise auf derartige tektonische Schichtversätze im Festgesteinsbereich.

5 Grundwasser

Im Zuge der aktuellen Erkundung konnten in den Rammsondierungen DPH 2 und DPH 5 auf einem Niveau von 241,46 mNN bzw. 214,31 mNN Wasserzutritte festgestellt werden. Alle anderen Kleinbohrungen und Sondierungen verstrützten bis knapp unter die Geländeoberfläche, so dass keine Wasserstände eingemessen werden konnten.

Während der früheren Erkundung für die U12 wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Grundwasserstände gemessen:

Bohrung	B 8455	B 8456
Datum	05.03.12	19.02.12
Geologie	GK	AL
Wasserstand während der Erkundung		
[m u. Gel]	10,21	8,34
mNN	212,83	210,03

GK: Gipskeuper; AL: Auelehm

Tabelle 1: Grundwasserstände während der Erkundung 2012 in den Kernbohrungen

Grundwasserleiter sind im Baufeld die Terrassenschotter und die Schichten des Gipskeupers. Im Vergleich zu den im Jahr 2012 gemessenen Wasserständen liegen die aktuell in den Rammsondierungen festgestellten Wasserstände etwa 2,5 m höher als im Jahr 2012. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass es sich bei den Messungen vom März 2012 tendenziell um einen Grundwassertiefstand handelt. Dies bestätigten auch Pegelganglinien, die von uns per Datenlogger in den Messtellen BK 8444 sowie BK 8454 etwa 200 m südöstlich des Baufeldes über einen längeren Zeitraum erstellt wurden. Dort wurden in einem Messzeitraum von knapp 2 Jahren im Vergleich zur damaligen Baugrunderkundung rund 2 m höhere Wasserstände gemessen.

Unter Berücksichtigung der aktuell gemessenen Grundwasserstände und der hydrogeologischen Karte dürfte daher der Grundwasserspiegel im Bereich der geplanten Feuerwache von knapp 215,5 mNN im Süden auf 214,5 mNN im Norden, zum Vorfluter, dem Neckar, einfallen. Dieser liegt damit mehr als 3 m unter der geplanten Baugrubensohle und hat für das Bauvorhaben keine größere Bedeutung.

Ungeachtet dessen, ist entsprechend besonders von starken Niederschlägen zeitweilig an der Basis von durchlässigeren Bereichen der Deckschichten zum Anstau von Sickerwasser kommen. Diese Zuläufe sind jedoch von geringer Dauer und Menge und versiegen rasch.

6 Eigenschaften von Boden und Fels

Boden- und felsmechanische Versuche sind erforderlich, um die angetroffenen Böden und Gesteine mit Hilfe objektiver Vergleichswerte boden- und felsmechanisch zu klassifizieren und charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen festlegen zu können. Im vorliegenden Fall haben wir durchgeführt:

- **Feldversuche** (Abschnitt 6.1): Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH).

- **Laborversuche** (Abschnitt 6.2): Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts, der Fließ- und Ausrollgrenzen und der Kornverteilung an ausgewählten Bodenproben.

Die Versuche erlauben, qualitative und quantitative Unterschiede der Baugrundeigenschaften zu erfassen. Zur Darstellung der Tiefenabhängigkeit sind sie teilweise in die Schichtenprofile (Anlage 2) und den geologischen Geländeschnitt (Anlage 3) eingearbeitet.

Die Klassifikationen und charakteristischen Kennwerte sind in Abschnitt 6.3 zusammengestellt. Die Einteilung in Homogenbereich wird in Abschnitt 6.4 vorgenommen.

6.1 Ergebnisse der Feldversuche

Sondierungen geben über die für 10 cm Eindringung gemessenen Schläge N_{10} einen Anhalt über die Lagerungsdichte nichtbindiger Böden sowie über die Konsistenz bzw. undrained Scherfestigkeit bindiger Böden. Bei Kenntnis der Kornverteilung der Böden bzw. der Boden- gruppen auf Grund von Indexversuchen (Abschnitt 6.2) lassen sich daraus bodenmechanische Kennwerte ableiten.

Anhand von in technischen Regelwerken und Literatur angegebenen Korrelationen lassen sich den Schlagzahlen entsprechende Lagerungsdichten für nichtbindige Böden sowie Konsistenzen bzw. Steifigkeiten für bindige Böden zuordnen.

Die Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 5 ergaben:

- Da die Rammsondierungen aus den Kleinbohrungen heraus ausgeführt wurden, können keine Aussagen zur Lagerungsdichte bzw. zur Konsistenz der Auffüllungen anhand der Schlagzahlen gemacht werden.
- Im Auelehm lag der Eindringwiderstand N_{10} zwischen 2 und 5 und ist damit weicher Konsistenz zuzuordnen.
- In den Terrassenschottern über dem Grundwasser lagen die Schlagzahlen N_{10} größtenteils in einer Bandbreite zwischen 10 und 20. Dies korreliert mit einer mitteldichten Lagerung. In DPH 4 wurden auch Schlagzahlen von 10 festgestellt, was auf eine zumindest bereichsweise lockere Lagerung schließen lässt.
- Unter dem Grundwasser wurden in den Terrassenschottern Schlagzahlen N_{10} meist zwischen 10 und 15, bereichsweise auch von 5 festgestellt. Dies entspricht ebenfalls einer mitteldichten Lagerung.
- Den Schlagzahlen von etwa 10 bis z. T. > 20 mit der Schweren Rammsonde zufolge sind die darunter folgenden Schlufftonsteine des Gipskeupers von überwiegend halbfester und fester Konsistenz.

6.2 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Die zuoberst anstehende, künstliche **Auffüllung** lässt aufgrund ihrer Heterogenität keine klassifizierenden Versuche zu, die zusammenfassend auf bodenmechanische Eigenschaften schließen lassen.

Die oberste natürliche Schicht, der **Schwemmlehm**, ist nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 als feinkörniger Boden und mit Wassergehalten an der Fließgrenze w_L von knapp 31 % und an der Ausrollgrenze w_P von knapp 12 %, als mittelplastischer Ton (TM) zu bezeichnen, siehe Anlage 4.1.

Der natürliche Wassergehalt w_n wurde an 4 Proben bestimmt; er lag in einer vergleichsweise großen Bandbreite zwischen etwa 7 % und 19 %. Im Vergleich mit den Fließ- und Ausrollgrenzen hatten damit zwei Proben eine weiche und jeweils eine Probe eine steife bzw. halbfeste Konsistenz. Im Vergleich zur Ansprache im Feld weist die sehr weiche Probe im Labor eine geringere Konsistenz auf, was sich vermutlich auf die im Schwemmlehm eingelagerten Tonstein-, Dolomitstein- und Sandsteinbröckchen zurückführen lässt.

An einer Probe des **Auelehms** wurden die Konsistenzgrenzen bestimmt (Anlage 4.1). Mit einem Wassergehalt an der Fließgrenze w_L von knapp 49 % und einem Wassergehalt an der Ausrollgrenze w_P von 15 % ist er nach DIN 18 196 ein mittelplastischer Ton (TM).

Der natürliche Wassergehalt w_n wurde an 7 Proben zwischen rund 13 % und 19 %, im Mittel zu 16,1 % bestimmt. Vergleicht man die natürlichen Wassergehalte mit den Grenzwassergehalten, so hatten 6 Proben eine steife und eine Probe eine halbfeste Konsistenz. Die Proben weisen im Vergleich zur Ansprache im Feld, wonach vornehmlich eine weiche und steife Konsistenz nach Handbefund festgestellt wurde, eine etwas günstiger Konsistenz auf.

Der **Terrassenschotter** ist nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 gemäß an einer Probe bestimmten Korngrößenverteilung als sandiger, stark kiesiger Schluff mit einem Feinkornanteil von knapp 40 % (Anlage 4.2) als gemischtkörniger Boden und als weitgestufte Kiese (SU*) zu bezeichnen.

6.3 Klassifikation und charakteristische Kennwerte

Anhand der Bodenansprache im Gelände, der diskutierten Ergebnisse der Feld- und Laborversuche sowie unseren Erfahrungen mit bodenmechanisch bzw. felsmechanisch gleichartigen Böden und Fels kann der angetroffene Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch charakteristische Kennwerte für statische Untersuchungen beschrieben werden (Tabelle 2):

geol. Bezeichnung	Auffüllungen	Schwemmlehm, Auelehm	Terrassen- schotter	Gipskeuper
Konsistenz (vorherrschend)	steif	steif	steif ²⁾	halbfest
Lagerungsdichte	(locker-dicht)	-	mitteldicht	-
Gesteinsfestigkeit (DIN 1054)	-	-	-	sehr mürb, mürb
Verwitterungsstufe (DIN EN ISO 14 689-1)	-	-	-	VS2/3 bis VS5
Klassifikationen				
Bodengruppe (DIN 18 196)	A [TL, TM, SU*, ST*/ GW, GU, GU*, (X; Y)] ¹⁾	TL, TM, SU*, OT ³⁾	SU, SU*, GU, GU* UL, UM	TL, TM Utst, Tst
Bodenklasse (DIN 18 300)	3,4,5,(7 ¹⁾)	4,5 ³⁾	3,4	4,6
Frostempfindlichkeit	sehr/gering	sehr	sehr	gering bis mittel
Klasse nach ZTV E-StB 17	F3/F1, F2	F3	F3	F2
Schrumpfgefahr	groß/-	groß	gering	keine
charakt. Kennwerte				
Wichte γ [kN/m ³]	20/18	20	20	20/21,5 ⁵⁾
unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	10/8	10	10	10/11,5 ⁵⁾
Reibungswinkel φ' [°]	25/32,5	25	30	25
Kohäsion c' [kN/m ²]	5/0	10	10	20/30 ⁵⁾
Steifemodul E_s ⁴⁾ [MN/m ²] für Spannungsbereich 100-400 kN/m ²	-	8	25	30/50 ⁵⁾

¹⁾ gilt für Steine und Blöcke, Bauwerksreste, geschlossene Asphaltdecken und dergleichen, die in den Auffüllungen vorhanden sein können

²⁾ gilt für bindige Anteile innerhalb des Terrassenschotters

³⁾ gilt für organische Lagen, die innerhalb des Auelehms eingelagert sein können

⁴⁾ für eine Wiederbelastung können die Werte verdoppelt werden

⁵⁾ auf dem oberen Meter des Gipskeupers ist der untere Wert anzusetzen

Tabelle 2: Klassifikationen und charakteristische Kennwerte

Das Baugrundstück liegt nach DIN 4149:2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen, hier für Baden-Württemberg, in **Erdbebenzone 0**. Die hier maßgebende **Untergrundklasse** ist **R**, die maßgebende **Baugrundklasse C**.

Da auch Standorte außerhalb der der Zone 1 ein seismisches Gefährdungspotential besitzen, wird die Zone 0 - im Gegensatz zu gar keiner Zonierung - als seismogene Randzone betrachtet. Es wird demzufolge vom Normenausschuss bzw. in der Literatur empfohlen, unter bestimmten Randbedingungen und in Absprache mit der Bauherrschaft, den Planern und dem Prüferingenieur z. B. bei Bauwerken der Bedeutungskategorien III und IV den Regeln und Festlegungen für Zone 1 zu folgen.

Der nationale Anhang zum Eurocode EC 8 (E DIN EN 1998-1/NA) liegt bereits als Entwurf mit Stand Oktober 2018 vor. Nach Einführung wird die DIN EN 1998-1/NA die DIN 4149:2005-04 mit den regionalen Karten der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg ersetzen. Wir haben daher den Einfluss der Vorgaben der DIN EN 1998 einschl. des zugehörigen nationalen Anwendungsdokuments für die Dimensionierung im Lastfall Erdbeben geprüft.

Gegenüber der DIN 4149 sind darin keine Erdbebenzonen mehr festgelegt. Die zur Ermittlung der tatsächlich am Standort zu berücksichtigenden Beschleunigung muss die spektrale Antwortbeschleunigung für Fels im Plateaubereich $S_{ap,R}$ aus einer interaktiven Karte (<http://www-app5.gfz-potsdam.de/d-eqhaz16/>) für den Standort ermittelt werden. Am Standort (Lat: 9.21, Lon: 48.83) ergibt sich diese zu $S_{ap,R} = 0,7724 \text{ m/s}^2$.

Die **Bemessungs-Bodenbeschleunigung** a_g lässt sich für die weiterhin unverändert anzunehmende Untergrundklasse R und Baugrundklasse C abhängig vom Bedeutungsbeiwert wie folgt berechnen:

$$a_g = a_{gR} \times S \times \gamma_I = S_{ap,R}/2,5 \times S \times \gamma_I = 0,7724/2,5 \times 1,50 \times \gamma_I$$

mit

- a_{gR} : Referenz – Spitzenbeschleunigung auf der Oberfläche des Felses = $S_{ap,R}/2,5$
- S : Bodenparameter S für Untergrundklasse R und Baugrundklasse C ergibt sich nach Tabelle NA.4 aus DIN EN 1998-1/NA: 2018-10 zu $S = 1,50$ für $0,6 < S_{ap,R} \leq 1,0$
- γ_I : Bedeutungsbeiwert nach Tabelle NA.7 aus DIN EN 1998-1/NA: 2018-10 ergibt sich für die hier in Betracht kommenden, vom Planer in Abstimmung mit den Behörden festzulegende Bedeutungskategorien II und III zu
 - $\gamma_I = 1,0$ für Gebäude der Bedeutungskategorie II
 - $\gamma_I = 1,2$ für Gebäude der Bedeutungskategorie III

Danach ergibt sich die Bemessungs-Bodenbeschleunigung a_g zu:

- $\gamma_I = 1,0$: $a_g = 0,463 \text{ m/s}^2$
- $\gamma_I = 1,2$: $a_g = 0,556 \text{ m/s}^2$

Darüber hinaus regelt das Nationale Anwendungsdokument (DIN EN 1998-1/NA: 2018-10), dass in Fällen sehr geringer Seismizität die Regelungen der Normenreihe EN 1998 in der Regel nicht berücksichtigt werden müssen. Eine sehr geringe Seismizität darf angenommen werden, wenn die **Bemessungs-Bodenbeschleunigung** a_g unter $a_g < 0,5 \text{ m/s}^2$ liegt.

Am geplanten Standort ist dies für Gebäude der Bedeutungskategorien I und II gegeben, so dass nach bauaufsichtlicher Einführung der DIN EN 1998-1/NA - unter Annahme keiner maßgeblicher Änderungen gegenüber der im Entwurf vorliegenden Fassung - keine

Nachweise im Lastfall Erdbeben erforderlich werden. Wir empfehlen, dies mit den prüfenden Behörden zu klären.

6.4 Homogenbereiche

Nach den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) der VOB/C, Ausgabe 2019, ist der Baugrund in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Definition der Homogenbereiche sind die verfahrens- und gerätespezifischen Besonderheiten für jedes Gewerk zu berücksichtigen.

Da zum derzeitigen Stand die Art der Bebauung noch nicht bekannt ist, werden für das hier untersuchte Baufeld Homogenbereiche folgender Gewerke des Tiefbaus entsprechend den ATVs festgelegt:

- DIN 18 300, Erdarbeiten,
- DIN 18 301, Bohrarbeiten.

Zur Vereinfachung von Ausschreibung, Aufmaß und Abrechnung werden die Homogenbereiche einheitlich für die erwarteten Bauverfahren festgelegt. Die Homogenbereiche sind in den nachfolgenden Tabellen anhand der Bandbreite ihrer Kennwerte definiert. Im Zusammenhang mit einer Einstufung nach umweltrelevanten Inhaltsstoffen weisen wir darauf hin, dass etwaiger Aushub spätestens vor der Abfuhr und im besten Fall vor der Ausschreibung abfalltechnisch untersucht werden muss.

Etwaig vorhandener **Oberboden** ist nach ATV DIN 18 320, Landschaftsbauarbeiten, unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich "0".

Die Homogenbereiche gelten für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen und Bohrungen jeder Art. Die in Tabelle 3 genannten Homogenbereiche sind im Zusammenhang mit der DIN 18 300 und der DIN 18 301 zu verwenden.

Homogenbereich	H1	H2	H3	H4
geol. Bezeichnung	Auffüllungen	Schwemmlehm Auelehm	Terrassen- schotter	Gipskeuper
Boden				
Bodengruppe (DIN 18 196)	TL, TM, SU*, ST* / GW, GU, GU*, (X; Y) ¹⁾	TL, TM, SU*, OT ²⁾	SU, SU*, GU, GU*, UL, UM	TL, TM,
Korngrößenverteilung (DIN 18 123)	T: 0 - 30 U: 10 - 80 S: 10 - 75 G: 0 - 100	T: 0 - 80 U: 10 - 80 S: 5 - 40 G: 0 - 10	T: 0 - 30 U: 10 - 60 S: 10 - 75 G: 0 - 50	T: 0 - 30 U: 10 - 80 S: 10 - 75 G: 0 - 50
Stein- u. Blockanteile (DIN EN ISO 14 688-2)	< 30 ¹⁾	-	< 30	< 30
Lagerungsdichte (DIN 18 126)	locker bis dicht	-	locker-dicht	-
Plastizitätszahl I _p (DIN 18 122-1)	10 bis 40 /-	10 bis 60	10 bis 40	10 bis 40
Konsistenzzahl I _c (DIN 18 122-1)	0,25 bis > 1,0	0,25 bis > 1,0	0,25 bis > 1,0	0,25 bis > 1,0
Wassergehalte w _n [%]	< 40	15 bis 50, z. T. > 50 ²⁾	5 bis 35	5 bis 35
undrainierte Scherfestigkeit c _u [kN/m ²]	- / 15 bis 250	15 bis 250	50 bis 300	50 bis 400
Dichte ρ [t/m ³]	1,8 bis 2,2	1,8 bis 2,0	1,8 bis 2,2	1,8 bis 2,2
organische Anteile, Glühverlust [%] (DIN18128)	< 6	< 6, (<30 ²⁾)	-	-
Abrasivität LAK [g/t] (NF P18-579)	0-500	0-100	0-500	0-250
Fels				
Beschreibung (DIN EN ISO 14 689-1) siehe auch Abschnitt 4				
Benennung	-	-	-	Tst, UTst
Verwitterung	-	-	-	VS2 bis VS5
Veränderung	-	-	-	zersetzt bis verfärbt
Veränderlichkeit	-	-	-	stark veränderlich bis veränderlich
Trennflächenrichtung	-	-	-	-
Schichtflächenabstände	-	-	-	fein laminiert bis mittel
Kluftabstände	-	-	-	außerordentl. engständig bis mittelständig
Gesteinskörperform	-	-	-	gleichmäßig, rhombisch
Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm ²] (DGGT-Empfehlung Nr. 1)	-	-	-	< 1 bis 10
Cerchar-Abrasivitäts-Index CAI [-] (NF P94-430-1)	-	-	-	0-1,5

¹⁾ gilt nicht für Steine und Blöcke, Bauwerksreste, geschlossene Asphaltdecken und dergleichen, die in den Auffüllungen vorhanden sein können

²⁾ gilt für zwischengeschaltete organische Lagen

Tabelle 3: Homogenbereiche nach DIN 18 300 Erdarbeiten und DIN 18 301 Bohrarbeiten

7 Bautechnische Folgerungen

Für den angetroffenen und beschriebenen Baugrund können zur weiteren Planung und Herstellung des Bauwerks Empfehlungen und Hinweise

- zur Gründung (Abschnitt 7.1),
 - zur Baugrube (Abschnitt 7.2),
 - zur Trockenhaltung des Bauwerks (Abschnitt 7.3),
 - zu Hinterfüllung und Erddruck (Abschnitt 7.4) sowie
 - zum Aufbau von Verkehrsflächen und unter Bodenplatten (Abschnitt 7.5)
- gemacht werden.

7.1 Gründung

Alle Gründungssohlen müssen frostfrei liegen. Da das Baugelände nach den Richtlinien für den Straßenbau, RStO 12s, in Frosteinwirkungszone I liegt, empfehlen wir eine **Mindesteinbindetiefe** von 1,0 m unter Gelände.

Ausgehend von einer Bauwerksnullhöhe von etwa 218,8 mNN und einer Fundamenthöhe von etwa 80 cm befinden sich die Fundamentunterkanten bei 218,0 mNN und kommen somit größtenteils im nur bedingt tragfähigen Auelehm zu liegen. Die gut tragfähige Oberfläche des Terrassenschotters wird im Baufeld zwischen rund 216 mNN im Norden und im Süden des Gebäudes bei etwa 218 mNN erwarten. In diesem Fall ist es daher eine **Flachgründung mittels Einzel- und Streifenfundamenten** geeignet, die über zwischen etwa 1 m und 2 m hohe unbewehrte Betonplomben bis auf den Terrassenschotter tiefer geführt werden.

In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass die Fundamente im Nahbereich zu der von West nach Ost verlaufenden **Fernwärmeleitung** zu liegen kommen.

Streifenlasten sollten nicht auf ganzer Länge tiefgeführt werden. Wirtschaftlicher ist, sie punktuell tiefzuführen und die Wände als lastübertragende Scheiben bzw. das Streifenfundament als Biegebalken auszubilden. Dabei ist der Aufwand für die Fundamentherstellung und für die Bewehrung in den wandartigen Trägern zu optimieren. Wir empfehlen, nur den obersten Fundamentbereich mit einer planmäßig vorgegebenen Dicke bewehrt herzustellen und die Tieferführung mit unbewehrtem Beton auszuführen. Damit lässt sich am einfachsten eine variable Anpassung an die natürlichen Gegebenheiten erreichen.

Die erforderlichen Fundamentabmessungen bei einer Flachgründung im Terrassenschotter können nach DIN EN 1997-1/NA:2010-12 entweder aus Tabellenwerten ermittelt oder – was zu wirtschaftlicheren Ergebnissen führt – mit Hilfe von Grundbruch- und Setzungsbe-

rechnungen für gegebene Einwirkungen berechnet werden. Dazu sind die bodenmechanischen charakteristischen Kennwerte aus Abschnitt 6.3 zugrunde zu legen.

Wir haben derartige Berechnungen exemplarisch unter Zugrundelegung des in Abschnitt 4 beschriebenen Baugrundaufbaus sowie des in Abschnitt 5 beschriebenen Grundwasserstands durchgeführt. Außerdem haben wir für die Setzungsberechnungen angenommen, dass etwa 80 % der Lasten setzungsrelevant sind. Gegenseitige Beeinflussungen von benachbarten Fundamenten auf die Setzungen ebenso wie Verkantungen haben wir in unserer ersten Näherung außer Acht gelassen.

Unter der Voraussetzung, dass die Fundamentunterkanten bis auf Terrassenschotter geführt werden und die Einbindung in den Baugrund mindestens 1 m beträgt, können vereinfachend folgende Werte für den **Bemessungswert des Sohlwiderstands** angesetzt werden:

- $\sigma_{R,d} = 500 \text{ kN/m}^2$ für Streifenfundamente mit Breiten zwischen 0,6 m und 1,5 m
- $\sigma_{R,d} = 700 \text{ kN/m}^2$ für quadratische Einzelfundamente mit Abmessungen von 1,0 m x 1,0 m und 2,5 m x 2,5 m

Die Angaben für Streifenfundamente gelten für Seitenverhältnisse von $a/b > 2$. Zwischenwerte zu quadratischen Einzelfundamenten können vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend linear interpoliert werden.

Alle genannten Werte für den Bemessungswert des Sohlwiderstandes gelten für mittig und lotrecht belastete Fundamente. Bei exzentrischer Belastung und zur Berücksichtigung horizontaler Einwirkungen sind nach den Regeln der DIN 1054 und DIN 4017 gesonderte Nachweise zu führen, die wir nach Vorlage der entsprechenden Einwirkungen führen können.

Die **rechnerischen Setzungen** liegen bei Ansatz der setzungswirksamen Einwirkung in einer Größenordnung von etwa 2 cm bis unter 2,5 cm.

Aufgrund von Inhomogenitäten im Baugrund und unterschiedlicher Lastverteilung sollte zwischen den einzelnen Fundamenten von Setzungsdifferenzen ausgegangen werden, die in einer Größenordnung von etwa 50 % der rechnerischen Setzungen liegen.

Bei der Fundamentherstellung ist zu überprüfen und sicherzustellen, dass die Fundamentsohlen tatsächlich die Terrassenschotter erreichen. Eventuell lokal weiche und steife Bereiche bzw. potentielle Reste von Auffüllungen oder Schwemmlehm sind auszuräumen und durch unbewehrten Beton zu ersetzen. Hierzu sollten im geringen Umfang zusätzliche Kubaturen an unbewehrten Beton in der Ausschreibung berücksichtigt werden.

7.2 Herstellen der Baugrube

Die großflächige **Baugrubensohle** wird unter Berücksichtigung eines Pflasterbelags mit entsprechendem Unterbau mit einer Dicke zwischen etwa 60 cm und 70 cm bei rund 218 mNN zu liegen kommen. Zur Herstellung des großflächigen Aushubs ist im Süden und Westen ein Geländeeinschnitt bis etwa 5 m erforderlich. Im nordöstlichen Bereich des Baufelds wird lediglich einige Dezimeter bis zur frostsicheren Tiefe in den Untergrund eingegriffen.

Die Wiederverwendbarkeit des Baugrubenaushubs wird in Abschnitt 7.2.1 behandelt. Zur Ausbildung der Baugrube nehmen wir in den Abschnitten 7.2.2 (Baugrubenböschung), 7.2.3 (Verbau), **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (Winkelstützwände) und 7.2.5 (Tag-Wasserhaltung) Stellung.

7.2.1 Erdaushub und Wiederverwendbarkeit von Böden

Bei den Aushub- und Verbauarbeiten fallen neben Auffüllungen (insbesondere Asphalt, ggf. Tragschichten, überwiegend bindige Auffüllungen, ggf. Betonreste), Schwemm- und Auelehm sowie untergeordnet auch Terrassenschotter und die Schlufftonsteine des Gipskeupers an.

In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass der oben genannte Aushub spätestens vor der Abfuhr und im besten Fall vor der Ausschreibung **abfalltechnisch untersucht** werden muss.

Gemäß Baugesetzbuch (BauGB; § 202) ist **Oberboden** (Mutterboden) besonders zu schützen und einer Wiederverwendung zuzuführen. Vor einer Überschüttung ist eventuell noch verbleibender Oberboden abzutragen.

Die **Bodenklassen** und Zuordnung zu **Homogenbereichen** der zu lösenden Böden und Halfestgesteine sind für die Gewerke Erdarbeiten (DIN 18 300) und Bohrarbeiten (DIN 18 301) für die in Abschnitt 4 beschriebenen Schichten in Tabelle 2 des Abschnitts 6.3 und Tabelle 3 des Abschnitts 6.4 beschrieben.

Die zumindest bereichsweise vorhandenen Tragschichten unter den jetzigen befestigten Verkehrsflächen sind zur Wiederverwendung, z. B. als Verfüllmaterial, für die Befestigung von Bauflächen oder als Bodenaustauschmaterial unter Verkehrsflächen geeignet und sollten deshalb vom übrigen Aushub separiert bzw. in der Baugrubensohle belassen werden.

Sofern das anfallende Asphalt-Material auf eine vergleichbare Körnung wie das vorhandene Tragschichtmaterial zerkleinert wird, kann das Asphalt-Material vorbehaltlich der abfall-

technischen Einstufung ebenfalls für die Befestigung von Bauflächen wiederverwendet werden.

Die übrigen, überwiegend bindigen Auffüllungen sind aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung und teilweise weichen Konsistenz nur für untergeordnete Erdbaumaßnahmen wie beispielsweise Lärm- oder Sichtschutzwälle sowie Geländemodellierungen geeignet.

Der Schwemm- und Auelehm ist aufgrund seiner teilweisen weichen Konsistenz für erdbautechnische Zwecke mit definierten Anforderungen nicht geeignet, es sei denn, dass Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemitteln vorgenommen werden. Eine Wiederverwendung von Auelehm mit organischen Bestandteilen ist für erdbautechnische Zwecke mit definierten Anforderungen ausgeschlossen.

Der Terrassenschotter und die verwitterten Schlufftonsteine des Gipskeupers dürften lediglich im Zuge von Bohrarbeiten für Verbauten in untergeordnetem Umfang anfallen.

Die in der Baugrubensohle anstehenden, überwiegend bindigen Böden weichen bei **Wasserzutritt** und **dynamischer Beanspruchung** rasch auf. Es ist daher zweckmäßig, über der endgültigen Baugrubensohle eine Schutzschicht von ≥ 50 cm Stärke zu belassen, solange Fahrbetrieb auf der Baugrubensohle stattfindet. Nach dem Abtrag dieser Schutzschicht ist die endgültige Aushubsohle noch am gleichen Tag durch Aufbringen des Bodenplatten- bzw. Verkehrsflächenunterbaus bzw. der Sauberkeitsschicht unter Fundamenten zu schützen. Da das Planum zur Herstellung des Verbaus mit schwerem Gerät befahren werden muss, empfehlen wir die Herstellung eines Arbeitsplanums.

Aufgrund des hochplastischen Charakters der Schluffe und Tone des Schwemm- und Auelehms und der bindigen Auffüllungen empfehlen wir – auch bei einer vergleichsweise guten Tragfähigkeit im Planum ($E_{v2} \cong 15 - 20 \text{ MN/m}^2$) – hierzu das Planum mit einer etwa 20 cm bis 30 cm dicken Lage Grobschotter (Schroppen) zu stabilisieren. So kann während der Bauzeit die Befahrbarkeit des witterungsempfindlichen Planums sichergestellt werden.

Wir weisen auf die **Frostgefährdung** der in der Baugrube anstehenden Böden hin, die bei Bauarbeiten im Winter Schutzmaßnahmen erforderlich machen können.

7.2.2 Baugrubenböschungen

Ohne rechnerische Nachweise der Standsicherheit dürfen außerhalb des Einflussbereichs von Nachbargebäuden bei weichen bindigen (im vorliegenden Fall Schwemm-/Auelehm) und nichtbindigen Böden (Terrassenschotter) unter Einhaltung der in DIN 4124 genannten Voraussetzungen bis zu 5 m tiefe Baugruben und Gräben mit Böschungsneigungen von bis zu

45 ° hergestellt werden. Die Mindestabstände von Einwirkungen zu den Böschungsoberkanten gemäß DIN 4124 sind zu beachten.

Bei tieferen oder oberflächennah beanspruchten Geländesprüngen ist die Standsicherheit für die Bemessungssituation BS-T mit dem Nachweiseverfahren 3 ("GEO-3") nach DIN 1054:2010-12 nachzuweisen.

Bei allen Böschungen muss stets ein lastfreier Streifen von mindestens 2 m an der Böschungsschulter freigehalten werden. Sollte Bau- oder Aushubmaterial im Bereich der Böschungskrone zwischengelagert werden, sind zusätzliche Standsicherheitsuntersuchungen durchzuführen.

Ferner ist sicherzustellen, dass kein Oberflächenwasser über die Randböschungen fließt. Hierzu ist es zweckmäßig, sofern ein Gefälle zur Baugrube besteht, kleine Erdwälle auf den Böschungskronen anzulegen und für eine gezielte Ableitung von oberflächlich zusammenfließendem Wasser zu sorgen. Zur Vermeidung von Erosion, Aufweichen und übermäßiger Austrocknung sollten die Böschungen mit einer Folie abgedeckt werden.

Endgültige Böschungen sollten zur besseren Übersichtlichkeit und Möglichkeit der Begrünung flacher geböscht werden, typischerweise mit Neigungen von 1:1,5. Bei größeren Böschungsneigungen ist die Standsicherheit mit den in Tabelle 2 genannten Kennwerten für die Bemessungssituation BS-P mit dem Nachweiseverfahren 3 ("GEO-3") nach DIN 1054:2010-12 nachzuweisen.

7.2.3 Verbau

Dort, wo der Platz aus baubetrieblichen Gründen für freie Böschungen nicht zur Verfügung steht, zum derzeitigen Stand der Planung insbesondere im Südwesten des Baufelds, oder Lasten aus der Baustelleneinrichtung auf die Böschung aufgebracht werden, sind **Verbaumaßnahmen** erforderlich. Als Varianten für einen statisch wirksamen Verbau kommen in Betracht:

- eine Bodenvernagelung (Spritzbetonschale mit gebohrten und vermörtelten Bodennägeln),
- ein Trägerverbau, ggfs. mit Verpressankern oder
- eine Bohrpfahlwand, ggfs. mit Verpressankern.

Für den Verbau werden eine Planung sowie eine statische Berechnung erforderlich. Dabei ist die Erddruckermittlung mit den charakteristischen Kennwerten aus Abschnitt 6.3 und dem in Abschnitt 4 dargestellten Schichtenverlauf vorzunehmen.

Bei der Bodenvernagelung oder der Verwendung von Verpressankern ist ggf. eine Mitnutzung der Nachbargrundstücke bzw. der Straße erforderlich. Hier sollte rechtzeitig die Zustimmung der betroffenen Grundstückseigentümer eingeholt werden. Darüber hinaus sind die entsprechenden Sicherheitsabstände zur benachbarten U-Bahntrasse bei der Anordnung von Bodennägeln und Verpressankern zu berücksichtigen.

Beim Vergleich zwischen den Verbauvarianten ist zu beachten, dass erfahrungsgemäß eine vernagelte Spritzbetonschale bzw. ein am Fuß eingespannter Trägerverbau mit größeren Verformungen verbunden ist als ein Träger- bzw. Bohrpfahlverbau mit vorgespannten Verpressankern.

Mit einer **Bodenvernagelung** sind nahezu senkrechte Böschungen möglich. Ihre Dimensionierung hinsichtlich Schalenstärke, Abstand und Länge der Nägel muss im Zuge einer statischen Berechnung vorgenommen werden. Standsicherheitsuntersuchungen zur Bestimmung der erforderlichen Nagellängen sollten mit ebenen Gleitfugen und ggfs. zusammengesetzten Gleitkörpern durchgeführt werden.

Im Hinblick auf Kostenschätzungen und nachbarrechtliche Klärungen nennen wir nachfolgend erste Anhaltswerte für diese Größen: Es ist von einer Dicke der Spritzbetonschale von rund 20 cm und einem Rasterabstand der Nägel von etwa 1,5 m (horizontal) bis 2,5 m (vertikal) auszugehen. Die Nagellängen betragen erfahrungsgemäß rund 0,6 H bis 0,8 H, mit H = wirksamer Baugrubentiefe.

In Anlehnung an die Zulassungen verschiedener Hersteller von Bodenvernagelungen sind für die als Schwergewichtsmauern wirkenden Erdkörper u. a. folgende Nachweise zu führen:

- Gesamtstandsicherheit nach DIN EN 1997-1,
- Grundbruchsicherheit nach DIN EN 1997-1 und DIN 4017,
- Gleitsicherheit nach DIN EN 1997-1.

Im Weiteren gelten die Vorschriften des zum Bodenvernagelungssystem gehörigen Zulassungsbescheids.

Für die Dimensionierung der Nägel können nach unseren Erfahrungen in den Deckschichten (Auffüllung, Schwemm- bzw. Auelehm) bei einer Nachverpressung charakteristische Verbundspannungen von $\tau_{m,k} = 80 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Dies entspricht bei einem Bohrdurchmesser von 100 mm einer charakteristischen Verbundkraft (Herauszieh Widerstand) von etwa $R_k = 25 \text{ kN/m}$. Ohne Nachverpressung gilt nur die Hälfte des angegebenen Werts.

Das Erfordernis der Durchführung von Probelastungen und die Anzahl der erforderlichen Probenägel richten sich nach den in den allgemein bausichtlichen Zulassungen des

verwendeten Nageltyps enthaltenen Forderungen. Üblicherweise sind an mindestens 3 % der Nägel bzw. an drei Nägeln je Bodenart Probelastungen durchzuführen. Die Prüflast P_p ist bei der Wahl des Stahlquerschnitts zu berücksichtigen.

Für die Einleitung der Nagelkräfte in die Spritzbetonschale ist ein Nachweis gegen Durchstanzen zu führen. Die Spritzbetonschale ist zu bewehren und auf Erddruck zu bemessen. Als Wandreibungswinkel muss $\delta_a = 0$ angesetzt werden, da in Zwischenbauzuständen keine Vertikalkräfte abgetragen werden können. Der aus Spritzbetonschale und Bodennägeln gebildete Körper ist außerdem als Gesamtsystem erdstatisch nachzuweisen.

Der **Träger- oder Bohrpfahlverbau** kann je nach Höhe des Geländesprungs eingespannt, zur Baugrube hin ausgesteift oder rückverankert hergestellt werden. Entwurf und Berechnung sollten gemäß der EAB (Empfehlung des Arbeitskreises Baugruben der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik) erfolgen. Dabei sind außer der Standicherheit stets auch die erwarteten Verformungen des Verbaus nachzuweisen.

Im Einflussbereich von Bauwerken und setzungsempfindlichen Leitungen empfehlen wir, einen erhöhten aktiven **Erddruck** gemäß der EAB anzusetzen. Dort, wo kleine Verformungen unkritisch sind, kann der temporäre Verbau für den aktiven Erddruck bemessen werden. Risse im Straßenbelag können dabei jedoch nicht sicher ausgeschlossen werden. Als charakteristischer Erddruckneigungswinkel kann **im Bauzustand** bei Spritz- oder Ortbeton der Wert $\delta_k = \varphi'$, bei Holzausfachung $\delta_k = 2/3 \varphi'$ angesetzt werden. Der Erddruck kann für den Bauzustand gemäß den Vorgaben der EAB umgelagert werden.

Sofern der Verbau dauerhaft ausgebildet werden soll, empfehlen wir zur Berücksichtigung einer langfristigen Erddruckumlagerung im Baugrund, beim Erddruck auf den dauerhaften Verbau im Endzustand von einem erhöhten aktiven Erddruck auszugehen, der sich je nach Situation aus $e_m = x e_a + (1-x) e_o$ mit $x = 0,25; 0,5; 0,75$, siehe EAB, für eine Erddruckneigung $\delta = 0$ ergibt. Der Erddruck ist ebenfalls gemäß EAB umzulagern.

Zur Vermeidung eines **Sickerwasseraufstaus** hinter der Spritzbetonschale (Bodenvernagelung) oder -ausfachung bei Träger- oder Bohrpfahlverbauten müssen Dränöffnungen, z. B. $\varnothing 80$ mm alle 4 m^2 bis 5 m^2 , vorgesehen werden. Das genaue Rastermaß der Dränöffnungen ist auf der Baustelle an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Die **Verpressanker** sind gemäß DIN EN 1997-1 und DIN 1054 zu dimensionieren und nach DIN EN 1537 bzw. DIN SPEC 18 537 herzustellen und zu prüfen. Für die Anker sind Eignungsprüfungen an mindestens 3 Ankern durchzuführen. Auf diese kann verzichtet werden, wenn entsprechende Prüfergebnisse für unter gleichartigen Ausführungsbedingungen hergestellten Anker in gleichartigen Böden vorliegen.

Über Ankerkräfte (Ankerwiderstände) machen wir keine vertragsrelevanten Angaben, da sie

im Wesentlichen von Bohrverfahren, Bohrdurchmesser, Länge des Verpresskörpers, Verpressdruck und der Anzahl der Nachverpressungen abhängen. Wir gehen davon aus, dass mit Verpresskörperlängen von 5 m in den verschiedenen Schichten nachfolgende charakteristische Herauszieh Widerstände erreichbar sind, wobei wir mindestens eine Nachverpressung voraussetzen.

Schwemmlehm, Auelehm (steif) $R_{a,k}$ bis 300 kN

Terrassenschotter (mitteldicht) $R_{a,k}$ bis 675 kN

Hier wäre die "zulässige Ankerkraft" nach alter Normterminologie $R_{a,k}/(1,35 \cdot 1,1)$. Der zu erwartende Entwurfs widerstand ergibt sich aus $R_{a,d} = R_{a,k}/1,1$.

Wir weisen darauf hin, dass außerhalb des Grundstücks nicht erkundet werden konnte und so bei Extrapolation des Baugrundaufbaus über die Grundstücksgrenze hinaus z. B. im Bereich der Ankerverpressstrecken Änderungen im Schichtverlauf und in der Qualität des Bodens und damit Auswirkungen auf die aufnehmbaren Ankerkräfte nicht ausgeschlossen sind. Für alle Anker müssen Abnahmeprüfungen durchgeführt werden.

Die Verbauträger bzw. die Bohrpfähle müssen aufgrund schrägen Ankerzugs Vertikalkräfte abtragen. Für Betonplomben am Trägerfuß, die das Bohrloch vollständig ausfüllen und mindestens 0,5 m hoch sind sowie für Bohrpfähle kann im Terrassenschotter ein charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k} = 1\,500 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden, wenn die Träger mindestens 1,5 m unter die Baugrubensohle reichen. Zusätzlich kann unterhalb der statisch erforderlichen Einbindetiefe eine charakteristische Mantelreibung von $q_{s,k} = 80 \text{ kN/m}^2$ zum Ansatz gebracht werden. Im Schwemm- und im Auelehm sollte keine Mantelreibung angesetzt werden.

Für die Einbindung des Verbaus (Träger / Bohrpfähle) in das Grundwasser bzw. in den Grundwasserleiter ist ein **Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis** einzureichen.

7.2.4 Winkelstützwand

Im Bereich des Übungshofs und der Umfahrt werden aller Voraussicht nach Geländesprungsicherungen erforderlich. Hierzu eignen sich beispielsweise Winkelstützwände ggf. in Verbindung mit Vorböschungen mit den in Abschnitt 7.2.2 genannten Neigungen. Die Winkelstützwände können entweder aus Fertigteilen bestehen oder aus Stahlbeton vor Ort errichtet werden.

Für die Stützwandfundamente sind an jeweils maßgebenden Schnitten unter Berücksichtigung der in Tabelle 2 aufgeführten bodenmechanischen Kennwerten und der exzentrischen bzw. horizontalen Beanspruchungen infolge der Erddruckbelastung und Verkehr folgende Nachweise für die Stützwand zu führen:

- Grenzzustände der Tragfähigkeit GEO-2 (ULS) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS) nach EN DIN 1997-1 und DIN 1054:2010-12,
- Gleitsicherheit,
- Nachweis der zulässigen Außermittigkeit der Resultierenden in der Sohlfuge bzw. Kippsicherheit und
- Geländebruchsicherheit nach DIN 4084.

Hinsichtlich der Anforderungen an die Hinterfüllung und Erddruck verweisen wir auf Abschnitt 7.4.

Sofern zur Hinterfüllung der Winkelsützwand lokal anstehendes, bindemittelverbessertes Aushubmaterial mit den in Abschnitt 7.4 beschriebenen Anforderungen eingebaut wird, können für bindemittelverbesserte, bindige Hinterfüllungen die folgenden bodenmechanischen Rechenwerte angesetzt werden:

- Wichte: $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel: $\varphi_k' = 25^\circ$
- Kohäsion: $c_k' = 15 \text{ kN/m}^2$

Bei Verwendung eines grobkörnigen Fremdmaterials mit einem Feinanteil $\leq 15 \%$ als Hinterfüllmaterial können die folgenden bodenmechanischen Rechenwerte angenommen werden:

- Wichte: $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel: $\varphi_k' = 35^\circ$
- Kohäsion: $c_k' = 0 \text{ kN/m}^2$

Für den Fall, dass bei der statischen Berechnung der Stützwand kein Wasserdruck angesetzt wird, empfehlen wir wegen den anstehenden, zum Teil gering durchlässigen Böden und des möglichen Auftretens von Sickerwasser in den Hinterfüllungen, die Ausführung einer Dränanlage in Anlehnung an DIN 4095, Ausgabe Juni 1990. Damit soll drückendes Wasser auf die Stützwand oder auch Wasseraustritten über die Wandfugen verhindert werden (siehe Abschnitt 7.3).

Der Erdruchdruckbeiwert kann in Abhängigkeit des Reibungswinkels φ' des Hinterfüllmaterials nach Tabelle 6 angenommen werden.

7.2.5 (Tag-) Wasserhaltung

Die Herstellung der großflächigen Baugrube sowie die erforderlichen Vertiefungen erfolgt aller Voraussicht nach oberhalb des geschlossenen Wasserspiegels. Eine bauzeitliche Wasserhaltung zur Grundwasserabsenkung ist nicht erforderlich. Bei Bauzeiten in niederschlagsreichen Jahreszeiten mit eventuellen Hochwasserständen oder auch witterungsabhängig kann eine **Tagwasserhaltung** erforderlich werden.

Das geförderte Tagwasser muss über ein Absetzbecken, ggf. auch unter Zwischenschaltung einer Neutralisationsanlage, in die Vorflut, vermutlich in die städtische Kanalisation, eingeleitet werden. Dafür ist eine Einleitgenehmigung bei der Stadt zu beantragen.

7.3 Trockenhaltung des Bauwerks

Der Neubau bindet nicht ins Grundwasser ein. Wegen der anstehenden, gering durchlässigen Böden und des möglichen Auftretens von Sickerwasser aus der Auffüllung und dem Schwemm- und Auelehm empfehlen wir jedoch für die in das Gelände einschneidenden Bereiche die Ausführung einer Dränanlage gemäß DIN 4095. Damit soll drückendes Grundwasser auf das Bauwerk verhindert und das Bauwerk in Zusammenhang mit einer Abdichtung gemäß DIN 18 533, Ausgabe Juli 2017, gegen die hier maßgebende Wassereinwirkungsklasse W1.2-E geschützt werden.

Nachfolgend geben wir einige Hinweise zum Entwurf der Dränanlage. Für die Dränanlage sind an der Außenseite der in das Gelände einschneidenden Wände sowie an Höhenversätzen von Vertiefungen und Unterfahrten vertikale Dränelemente anzubringen und diese mit einer Dränringleitung hydraulisch zu verbinden. Alternativ sind die lokal tieferreichenden Bauteile, wie auch z. B. Pumpensämpfe, von denen zutretendes Wasser nicht mit Hilfe eines Dränsystems ferngehalten werden kann, wasserundurchlässig auszubilden und für einen Wasseranstau bis zur Dränebene auszulegen. Bauteile, die unterhalb der Baugrubensohle bzw. der nachfolgend beschriebenen Dränung zu liegen kommen, sind in die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E einzustufen.

Das Dränsystem soll ausschließlich zum Fassen von Sickerwasser im Boden genutzt werden. Oberflächenwasser, wie es zum Beispiel auf nicht überbauten Teilen oder im Bereich der Pkw-Stellflächen im Tiefgeschoss anfällt, muss in einem eigenen System abgeführt werden.

Als **vertikale Dränelemente** sind Dränverbundplatten oder -matten, aber auch eine wasserundurchlässige Verfüllung des Arbeitsraumes, z. B. mit Kies, geeignet.

Durch "Abdichten" an der Geländeoberfläche und ein - nach Möglichkeit auf den ersten 2 m - vom Gebäude weggerichtetes Gefälle ist das Eindringen von Oberflächenwasser in die verfüllten Arbeitsräume und das Dränsystem zu vermeiden. Dazu sollte mindestens auf dem obersten Meter auf Dränelemente verzichtet werden. Zur Arbeitsraumverfüllung sollte in diesem Bereich

- bei unbefestigten Freiflächen feinkörniger Boden (Lehmschlag) verwendet werden und
- bei befestigten Oberflächen, unterhalb des Oberbaus, ein weitgestuftes Mineralgemisch mit einem Feinkornanteil (Korngröße $< 0,06$ mm) von etwa 15 % bis 20 %, welches gering wasserdurchlässig ist und auch gut verdichtet und sackungsarm eingebaut werden kann.

Die **Dränleitungen** werden in einer Packung aus Kies z. B. der Körnung 2/32 mm verlegt. Wenn kein Arbeitsraum vorhanden ist, können die Leitungen auch unter der Bodenplatte verlegt werden. Auf einen hydraulisch wirksamen Anschluss der Dränage an die vertikalen Dränelemente ist zu achten. Im Bedarfsfall ist zu prüfen, ob weitere querlaufende Leitungen (Sauger) angeordnet werden müssen. Das Dränsystem ist, z. B. mit Hilfe von einem Vlies als Ummantelung um Rohr und Kiespackung, filterstabil so auszubilden, dass eine Verschläm- mung durch Feinteile aus anstehenden feinkörnigen Böden ausgeschlossen wird. Außerdem sind Kontroll- und Spülmöglichkeiten sowie ein oder mehrere Sammelschächte vorzusehen.

Die Dränleitung ist rückstausicher an einen **Vorfluter** anzuschließen. Wir weisen darauf hin, dass die Einleitung des Dränwassers in einen Vorfluter ebenso wie eine Versickerung genehmigungspflichtig ist. Nicht genehmigungspflichtig ist das Sammeln von Dränwasser in einem geschlossenen Schacht und bei Bedarf eine Verregnung dieses Wassers.

Die unter Bodenplatten einzubauende Tragschicht kann auf Grund ihrer Stärke und des grobkörnigen Körnungsbereichs als **kapillarbrechende Filterschicht** herangezogen werden. Sollten jedoch lokal hohe Anforderungen an den Feuchtigkeitsschutz der Bodenplatte gestellt werden, ist zusätzlich ein Kiesfilter (z. B. der Körnung 2/16 mm $d \geq 15$ cm) einzubauen. Auf dem anstehenden, überwiegend feinkörnigen Baugrund empfehlen wir, zunächst ein mechanisch verfestigtes Geotextilvlies der Geokunststoff-Robustheitsklasse (GRK) 3 mit einer Masse von ≥ 150 g/m² (M Geok E StB 05)¹ zu verlegen. Darüber kann die kapillarbrechende Schicht eingebaut werden, oberhalb welcher aus baupraktischen Gründen in der Regel zusätzlich eine üblicherweise 5 cm bis 10 cm dicke Sauberkeitsschicht erforderlich wird. Zusätzlich empfehlen wir, zum Schutz des Kiesfilters zwischen Kiesschicht und Sauberkeitsschicht eine Trennschicht, im vorliegenden Falle eine Baufolie, mit $d \geq 0,4$ mm, einzulegen, die gleichzeitig als Dampfsperre wirken kann und die Gefahr von Schrumpfsetzungen

¹ M Geok E: Merkblatt über die Anwendungen von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus mit den Checklisten C Geok E, Ausgabe 2005 der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“, Köln

vermindert.

Die kapillarbrechende Schicht ist mit mindestens 3 Übergängen einer Walze (≥ 500 kg Betriebsgewicht) statisch zu verdichten, womit gleichzeitig aushubbedingte Auflockerungen kompensiert werden. Eine Überprüfung der Verdichtung mittels Plattendruckversuchen ist entbehrlich und liefert wegen des fehlenden Feinkornanteils der kapillarbrechenden Schicht keine aussagekräftigen Ergebnisse.

Die Dränleitung ist rückstausicher an einen **Vorfluter** anzuschließen. Wir weisen darauf hin, dass die Einleitung des Dränwassers in einen Vorfluter ebenso wie eine Versickerung genehmigungspflichtig ist. Nicht genehmigungspflichtig ist das Sammeln von Dränwasser in einem geschlossenen Schacht und bei Bedarf eine Verregnung dieses Wassers.

7.4 Hinterfüllung und Erddruck

Für Hinterfüllungen von Bauwerken (Verfüllung von Baugruben) werden hinsichtlich Materialwahl und Verdichtungsanforderungen in Deutschland bei Hoch- und Industriebauten die Regeln des Erdbaus im Straßenbau beachtet. Grundregelwerk ist dabei die ZTV E-StB 17². Unsere Empfehlungen im Abschnitt 7.4 beruhen ebenfalls darauf.

Als Verfüllmaterial für Arbeitsräume kommen in Frage:

- Fein- und gemischtkörniger Aushubboden von der Baustelle (z. B. Schwemmlehm und Auelehm) oder als Fremdmaterial, ggf. im Nahbereich der Baustelle zwischenzulagern. Der Boden kann bei weicher Konsistenz durch die Zugabe von geringen Mengen von Bindemitteln, wie Baukalke oder Zement-Kalkgemische verbessert werden (Abschnitt 7.2.1).
- Grobkörniges Fremdmaterial
 - Siebschutt 0/45 mm, Feinanteil ≤ 15 %,
 - RC-Material 0/45 mm, Feinanteil ≤ 15 %, gipsfrei,
 - Korn-/Breckkorngemische der Lieferkörnung 0/45 mm bzw. 0/56 mm.

Soll Aushubmaterial von anderen Baustellen, das vorwiegend fein- und gemischtkörnig und inhomogen ist, verwendet werden, so ist deren Umweltverträglichkeit gemäß VwV-Boden³ zu überprüfen.

Recycling-Baustoffe müssen witterungs- und raumbeständig sowie umweltverträglich sein. Dazu sind in Baden-Württemberg u. a. die "Vorläufigen Hinweise zum Einsatz von Baustoff-

² Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017; Hrsg. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FSGV), Köln

³ Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums B.-W. für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV) vom März 2007

recyclingmaterial" vom 13. April 2004 und ergänzender Erlass vom 10. August 2004", Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden- Württemberg ("Recycling-Erlass") zu beachten. Recycling-Baustoffe dürfen nicht ins Grundwasser eingebaut werden, abhängig von den im Recycling-Erlass beschriebenen Einbaukonfigurationen (Z 1.1, Z 1.2 und Z 2) soll der Abstand zwischen Schüttbody und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m bis hin zu > 2 m betragen, was im vorliegenden Fall zutrifft.

Auffüllungen im Bereich von Verkehrsflächen sollten nach RStO 12⁴ festgelegt werden. Für eine kombinierte Frostschutz- und Tragschicht sind die Materialanforderungen nach ZTV SoB-StB⁵ und TL BuB E StB 09 zu beachten.

Das maßgebliche Qualitätskriterium einer Verfüllung unter dem Planum ist weniger die Tragfähigkeit, sondern die erreichbare Sackungsarmut. Somit müssen z. B. für Auffüllungen unter Verkehrsflächen und Bodenplatten hohe Anforderungen an die Verdichtung gestellt werden. Bei gemischtkörnigen bzw. feinkörnigen Böden ist vor allem die Einhaltung eines niedrigen Luftporenanteils wichtig.

Die **Verdichtungsanforderungen** an Arbeitsraumverfüllungen unterhalb von Verkehrsflächen sind nach ZTV E-StB 17 entsprechend der Zuordnung des Auffüllmaterials zu den jeweiligen Bodengruppen gemäß DIN 18 196 definiert, siehe Tabelle 4.

Für das lagenweise einzubauende Erdbaumaterial gilt in Abhängigkeit von der Einbaulage für den Verdichtungsgrad D_{Pr} das 10 % - Mindestquantil, für den Luftporengehalt n_a das 10 % -Höchstquantil:

Bodengruppen	D_{Pr} in %	n_a in Vol.-%
GW,GI,GE,SW,SI, SE,GU,GT,SU,ST	100 ¹⁾	-
GU*,GT*,SU*,ST*,U,T	97	12 ²⁾

¹⁾ Abweichend von ZTV E-StB 17, Tab. 2 über die gesamte Verfülltiefe.

²⁾ Ohne Verfestigung oder qualifizierte Verbesserung sollte ein Luftporenanteil ≤ 8 % (bei veränderlich festen Gesteinen ≤ 6 %) eingehalten werden.

Tabelle 4: Anforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} (für Dammauffüllungen) nach ZTV E-StB 17

⁴⁾ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, Hrsg. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FSGV), Köln

⁵⁾ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004/Fassung 2007, Hrsg. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FSGV), Köln

Bei großen Auffüllungshöhen und sehr hohen Anforderungen an die Sackungsarmut kann es lokal zweckmäßig sein, auch einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 103$ % der einfachen Proctordichte zu fordern.

Außerhalb von Verkehrsflächen ist für verdichtungsfähiges fein- bzw. gemischtkörniges Material eine lagenweise Verdichtung auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95$ % der einfachen Proctordichte ausreichend. In diesen Bereichen muss aber langfristig mit Sackungen von mehreren Zentimetern gerechnet werden.

Ergänzend bzw. ersatzweise können für den Nachweis des Verdichtungsgrades D_{Pr} für grobkörnige Materialien auch indirekte Versuche mit statischen bzw. dynamischen Plattendruckversuchen durchgeführt werden. Dabei ist statt eines Verdichtungsgrades $D_{Pr} \geq 100$ % aus dem statischen Plattendruckversuch ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 100$ MN/m² bei einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ bzw. ein dynamischer Verformungsmodul von etwa $E_{vd} \geq 50$ MN/m² nachzuweisen, der jedoch ggf. noch am statischen Plattendruckversuch zu kalibrieren ist. Ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 103$ % der einfachen Proctordichte wäre dagegen durch einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120$ MN/m² bei einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ bzw. einen dynamischen Verformungsmodul von etwa $E_{vd} \geq 65$ MN/m² nachzuweisen.

Annähernd unnachgiebige Bauwerke, wie z. B. Kellerwände, sollten auf einen erhöhten aktiven **Erddruck** bzw. in Ausnahmefällen auf den Erdruhedruck bemessen werden. Zum Ansatz des Erddrucks auf die dauerhafte Geländesprungsicherung verweisen wir auf Abschnitt 7.2.3. Für den Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten ist der aktive Erddruck anzusetzen.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen:

- Erddruck auf Bauteile, die ohne Arbeitsraum hergestellt werden und
- Erddruck im Bereich nachträglicher Verfüllungen.

Auf Bauteile, die ohne Arbeitsraum gegen die Verbauf Flächen betoniert und nur durch Dränschichten von diesen getrennt werden, wirkt im Endzustand der Erddruck, der bislang von der Baugrubensicherung aufgenommen wurde zuzüglich der Berücksichtigung einer langfristigen Erddruckumlagerung im Baugrund. Um dies zu berücksichtigen, empfehlen wir, beim Erddruck auf die Bauwerkswände von einem erhöhten aktiven Erddruck auszugehen, der sich aus $e_m = 0,5 (e_a + e_o)$ für Wandreibung $\delta = 0$ ergibt. Der Erddruck sollte mit einer rechteckigen Belastungsfigur angesetzt werden.

Als Erdruhedruck- und aktive Erddruckbeiwerte können für das **ebene Gelände** folgende Werte in Tabelle 5 angesetzt werden. Bei ansteigendem Gelände mit Böschungsneigung sind

für den Ruhedruck die Formel nach Franke⁶ zu verwenden bzw. bei aktivem Erddruck die Formeln oder Tabellenwerte der DIN 4085 unter Ansatz von Kohäsion oder eines Ersatzreibungswinkels φ_c ⁷.

Baugrund	Auffüllung bindige Deckschichten
Erdruhedruckbeiwert K_{0gh}	0,50
Aktiver Erddruckbeiwert K_{agh}	0,33

Tabelle 5: Erdruhedruckbeiwerte K_{0gh} und aktive Erddruckbeiwerte K_{agh} für den anstehenden Baugrund

Dieser Ansatz gilt auch für bis 1,5 m breite, verfüllte Arbeitsräume, mit der Einschränkung, dass ein Verdichtungserddruck von $e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen ist, falls der umgelagerte, erhöhte aktive Erddruck geringer ist.

Auf Bauteile, die bei größerer Arbeitsraumbreite oder geböschter Baugrube nachträglich angeschüttet werden, ist mit dem Erddruck des geschütteten und verdichteten Auffüllmaterials zu rechnen. Aufgrund von Messungen an hinterfüllten Bauwerken aus Stahlbeton, über die in der Literatur berichtet wird, und in Übereinstimmung mit DIN 4085, ist der Erdruhedruck maßgebend. Der Erdruhedruck ist nicht umzulagern. Zur Berücksichtigung der horizontalen Verspannung infolge der Bodenverdichtung muss als Mindesterdruk ein Verdichtungserddruck von $e_v = 25 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Der Ruhedruck- und aktive Erddruckbeiwert wird in Abhängigkeit vom Reibungswinkel φ' bzw. von der Querdehnzahl des Verfüllmaterials wie folgt geschätzt, auch hier für ebene Auffüllungen. Bei geneigtem Gelände sind, wie oben aufgeführt, entsprechende Anpassungen vorzunehmen.

	grob- und gemischt- körniges Material	gemischt- und feinkörnige Böden
Erdruhedruckbeiwert K_{0gh}	0,35	0,50
Aktiver Erddruckbeiwert K_{agh}	0,21	0,33

Tabelle 6: Erdruhedruckbeiwerte K_{0gh} und aktive Erddruckbeiwerte K_{agh} bei Verfüllungen

Sofern **keine ausreichende Gleitsicherheit** nachgewiesen werden kann, sollte geprüft werden, ob durch die Anordnung von Querriegeln unter dem Bauwerk ausreichend Erdwiderstand aktiviert werden kann. Andernfalls sollte die Baugrubensicherung als permanente Geländesprungsicherung ausgebildet werden. Um den Erddruck auf die Außenwand im

⁶ $K'_{0gh} = 1 - \sin\varphi' + (\cos\varphi' + \sin\varphi' - 1)\beta/\varphi' = K_{0gh} [\text{Tabelle 5}] + (\cos\varphi' + \sin\varphi' - 1)\beta/\varphi'$

⁷ $\tan\varphi_c = \tan\varphi' + c'/\sigma_{zm}$, mit σ_{zm} = maßgebende Vertikalspannung im Schwerpunkt der Erddruckfigur

Vergleich zu einer Verfüllung mit Bodenmaterial gering zu halten, sollte der Arbeitsraum mit einem Verfüllmaterial mit einem vergleichsweise geringen Eigengewicht verfüllt werden. Hierzu eignet sich beispielsweise sogenannter Schaumglasschotter. Alternativ kann der Erddruck mit einem bindemittel-verfestigten Bodenmaterial auf ein verträgliches reduziert werden.

7.5 Verkehrsflächen und Aufbau unter Bodenplatten

Der Aufbau von Verkehrsflächen bzw. unter Bodenplatten orientiert sich an den "Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen", Ausgabe 2012 (RStO 12). Kriterien sind dabei die Nutzungsart

- die Verkehrsbeanspruchung,
- die Frostsicherheit und
- der erreichbare Verformungsmodul E_{v2} auf dem Untergrund.

Das Baufeld liegt nach den RStO 12 in **Frosteinwirkungszone I**. Zur Gewährleistung eines ausreichenden Frostschutzes sind entlang der nicht ins Gelände einbindende Gebäudeaußenseite durchgehend frostsichere Streifenfundamente oder eine Frostschürze anzuordnen. Alternativ ist auch ein Bodenaustausch bis in eine Tiefe von $\geq 0,8$ m aus frostsicherem Material möglich.

Um einen tragfähigen und außerhalb von Gebäuden auch frostsicheren Unterbau der befestigten Flächen und Bodenplatten zu erhalten, muss auf dem anstehenden, überwiegend bindigen Planum eine **Trag- bzw. Frostschuttschicht** eingebaut werden.

Die Tragschicht sollte aus einem Brechkorngemisch der Lieferkörnungen 0/45 mm oder 0/56 mm bestehen, die den in der ZTV SoB-StB 04 gestellten Anforderungen für Frostschutz- und Tragschichten entsprechen. Das Tragschichtmaterial ist lagenweise mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 103$ % einzubauen. Der Verdichtungsgrad kann über Plattendruckversuche nach DIN 18 134 nachgewiesen werden. Entsprechend der Belastungsklassen und der gewählten Bauweise im Bereich der Verkehrsfläche (Asphalt, Beton oder Pflaster) ist auf der Oberfläche einer Frostschuttschicht bzw. Schottertragschicht (STS) ein Verformungsmodul $E_{v2} = 100$ MN/m² bis 150 MN/m² gefordert. Außerhalb der Verkehrsfläche sollte unterhalb von Bodenplatten im Gebäude ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80$ MN/m² nachgewiesen werden.

Zusätzlich ist die Verdichtung der STS über einen Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ im Plattendruckversuch nachzuweisen. Für Pflasterflächen gelten ggf. höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit mit bis zu $E_{v2} \geq 180$ MN/m² bei Straßen der Belastungsklasse Bkl 3.2.

Um die Anforderungen an die Tragfähigkeit des Unterbaus (E_{v2} auf OK Tragschicht) zu erreichen, sind bei einer Herstellung des Planums entsprechend den oben genannten Vorgaben folgende Dicken für **Schottertragschichten** erforderlich:

Erreichbarer Verformungsmodul auf dem Untergrund $E_{v2,U}$ (MN/m ²)	erforderliche Dicke d (cm) der Schottertragschicht für $E_{v2,TS} =$			
	80 MN/m ²	100 MN/m ²	120 MN/m ²	150 MN/m ²
15	40	45	55	60
25	35	40	45	50
35	25	30	40	45
45	20	25	30	40

Tabelle 7: Tragschichtdicke unter Bodenplatten und Verkehrsflächen

Aufgrund der Beschaffenheit der im Planum vorhandenen, überwiegend bindigen Böden gehen wir davon aus, dass in Abhängigkeit der Konsistenz im Mittel ein Verformungsmodul von $E_{v2} \cong 15$ MN/m² erreicht wird. Dies würde bedeuten, dass zum Erreichen eines Verformungsmoduls von $E_{v2} \geq 120$ MN/m² eine 55 cm dicke Tragschicht aus Brechkorngemisch eingebaut werden müsste. Im Bereich von Hinterfüllungen, die mit den in Abschnitt 7.4 genannten Anforderungen eingebracht wurden, kann ein Verformungsmodul auf dem Planum von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² angenommen werden. Wir empfehlen, den E_{v2} -Wert des Planums und mit dem geplanten Oberbau zu Beginn der Erdarbeiten in **Probefeldern** zu überprüfen und bereichsweise über die erforderliche Schichtstärke zu entscheiden.

Bei sehr weichem bindigen, gegebenenfalls auch nachträglich aufgeweichten Untergrund ($E_{v2} \cong 10$ MN/m²) empfiehlt es sich, grobes Schrotten-Material aus dem Körnungsbereich von etwa 56/100 mm einzuwalzen, was wesentlich kostengünstiger ist als klassifiziertes Tragschichtmaterial und damit eine wirtschaftliche Stabilisierung des Unterbaus ermöglicht. Auf einer etwa 30 cm dicken Schrottenlage kann dann erfahrungsgemäß von einem Verformungsmodul von $E_{v2} \cong 30$ MN/m² ausgegangen und als Basiswert für die Dimensionierung der Frostschutz- und Tragschicht herangezogen werden.

Die Verdichtungsanforderungen sollten versuchsmäßig überprüft werden. Wir können diese Versuche ausführen.

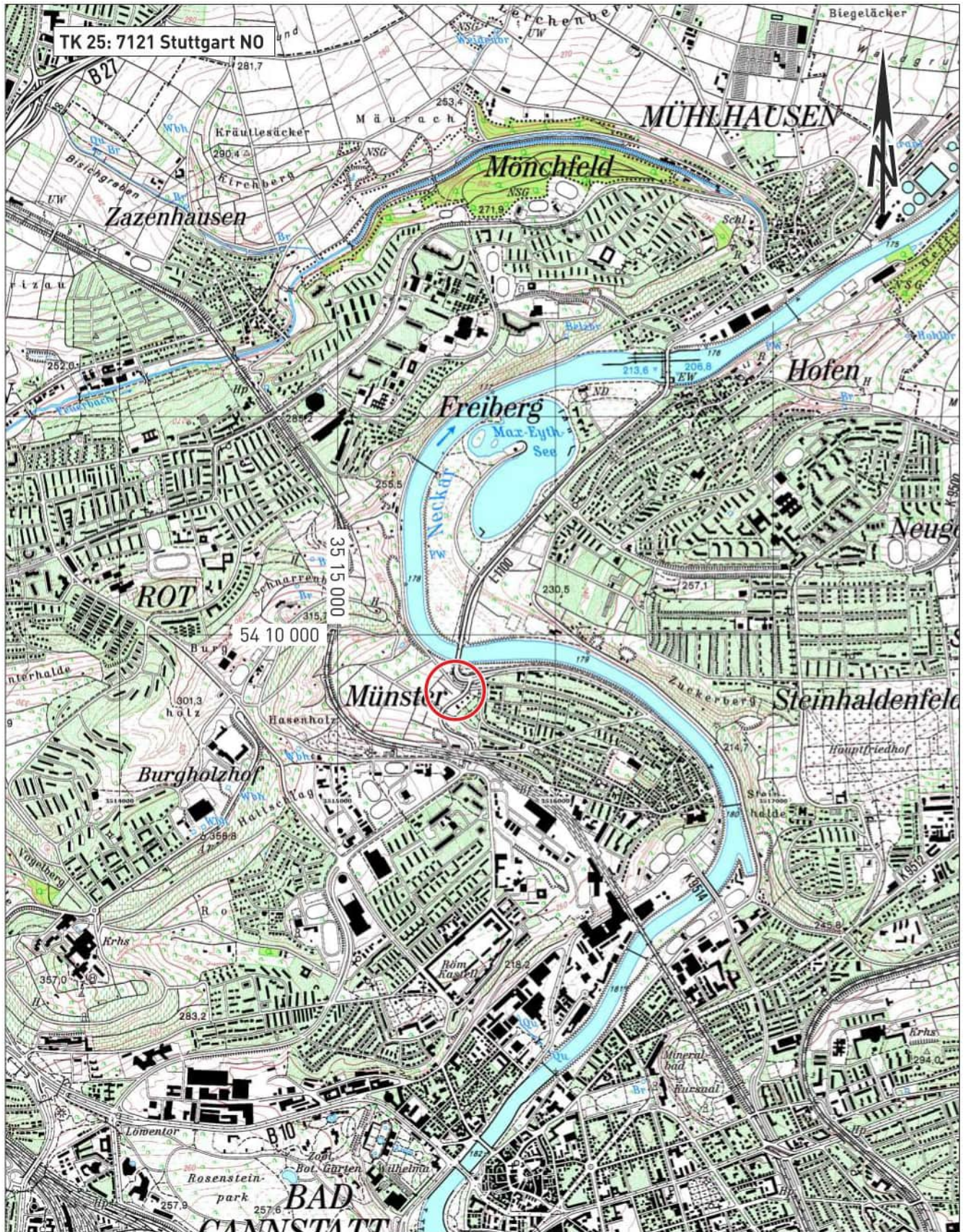
8 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung

Das **geologische Modell des Baugrunds**, das Grundlage unserer bautechnischen Empfehlungen ist, resultiert aus punktuellen Aufschlüssen. Es kann den Baugrund daher nicht exakt beschreiben, und Abweichungen - vor allem der Schichtgrenzen - zwischen den Erkundungspunkten sind möglich. Eine **Baugrundüberprüfung** während der Erdarbeiten ist daher zwingend erforderlich:

- Abweichungen von der beschriebenen Schichtung und Beschaffenheit des Untergrunds und von den angegebenen Grundwasserverhältnissen sind uns sofort mitzuteilen.
- Die Baugruben- bzw. Fundamentsohlen sind von uns abnehmen zu lassen. Wir bitten, uns rechtzeitig zu benachrichtigen.

Die Angaben zur **Gründung** beruhen außer dem Baugrundmodell auch auf den uns vorliegenden Bauwerksunterlagen und Lastangaben. **Planerische oder konstruktive Änderungen** gegenüber den in Abschnitt 2 beschriebenen Abmessungen, Lasten und Einflüssen, die auf das Gründungskonzept Einfluss haben könnten, sind uns daher mitzuteilen.

<u>Anlagen</u>	Anlage
Lagepläne der geplanten Feuerwehrwache	
▪ Übersichtslageplan (M 1:25 000)	1.1
▪ Lageplan (M 1:500) der Erkundungspunkte und Verlauf des geologischen Schnittes (Anlage 3)	1.2
▪ Auszug aus der Höhenflurkarte (M 1:2 500) Blatt NO 30/11 aus dem Jahr 1890 mit Lage der Erkundungspunkte	1.3
Gelände-Erkundung (M 1:100)	
▪ Kurzzeichen und Abkürzungen nach DIN 4023 und DIN 18 196	2.0
▪ Schichtenfolgen der Kleinbohrungen S&P 2020	
- BS 1 und BS 1-1	2.1.1
- BS 2	2.1.2
- BS 3	2.1.3
- BS 4	2.1.4
- BS 5 und BS 6	2.1.5
- BS 6-1, BS 6-2 und BS 6-3	2.1.6
- BS 6-4	2.1.7
- BS 7	2.1.8
▪ Rammsondierdiagramme der Rammsondierungen S&P 2020	
- DPH 1	2.2.1
- DPH 2	2.2.2
- DPH 3	2.2.3
- DPH 4	2.2.4
- DPH 5	2.2.5
▪ Schichtenfolgen der Kernbohrungen S&P von 2003 und 2012	
- BK 8445	2.3.1
- BK 8455	2.3.2
- BK 8456	2.3.3
▪ Schichtenfolgen der Fremdbohrung B7/5847 von 1979	2.4
Baugrundmodell	
▪ Geologischer NO-SW Geländeschnitt (M 1:200/100): quer zur Austraße	3.1
▪ Schichtlagerungskarten (M 1:250) mit Höhenlage (mNN und m. u. Gel.) der Oberfläche der Terrassenschotter	3.2
Bodenmechanische Laborversuche	
▪ Zustandsgrenzen des Auelehms und des Schwemmllehms	4.1
▪ Korngrößenverteilung der Terrassenschotter	4.2



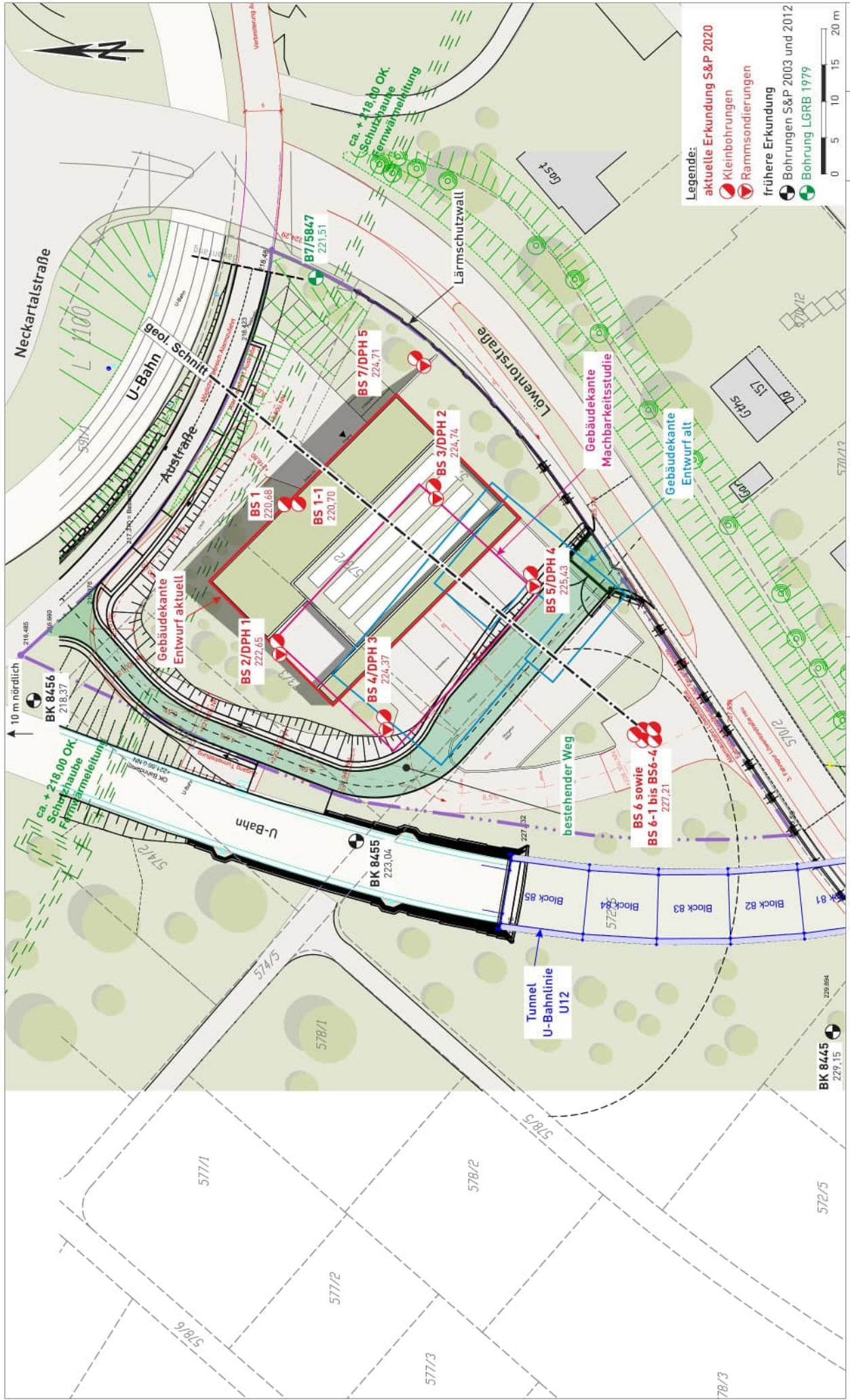
© LGL B-W (www.lgl-bw.de) 2012; thematisch ergänzt durch S&P

0 250 500 750 1000m

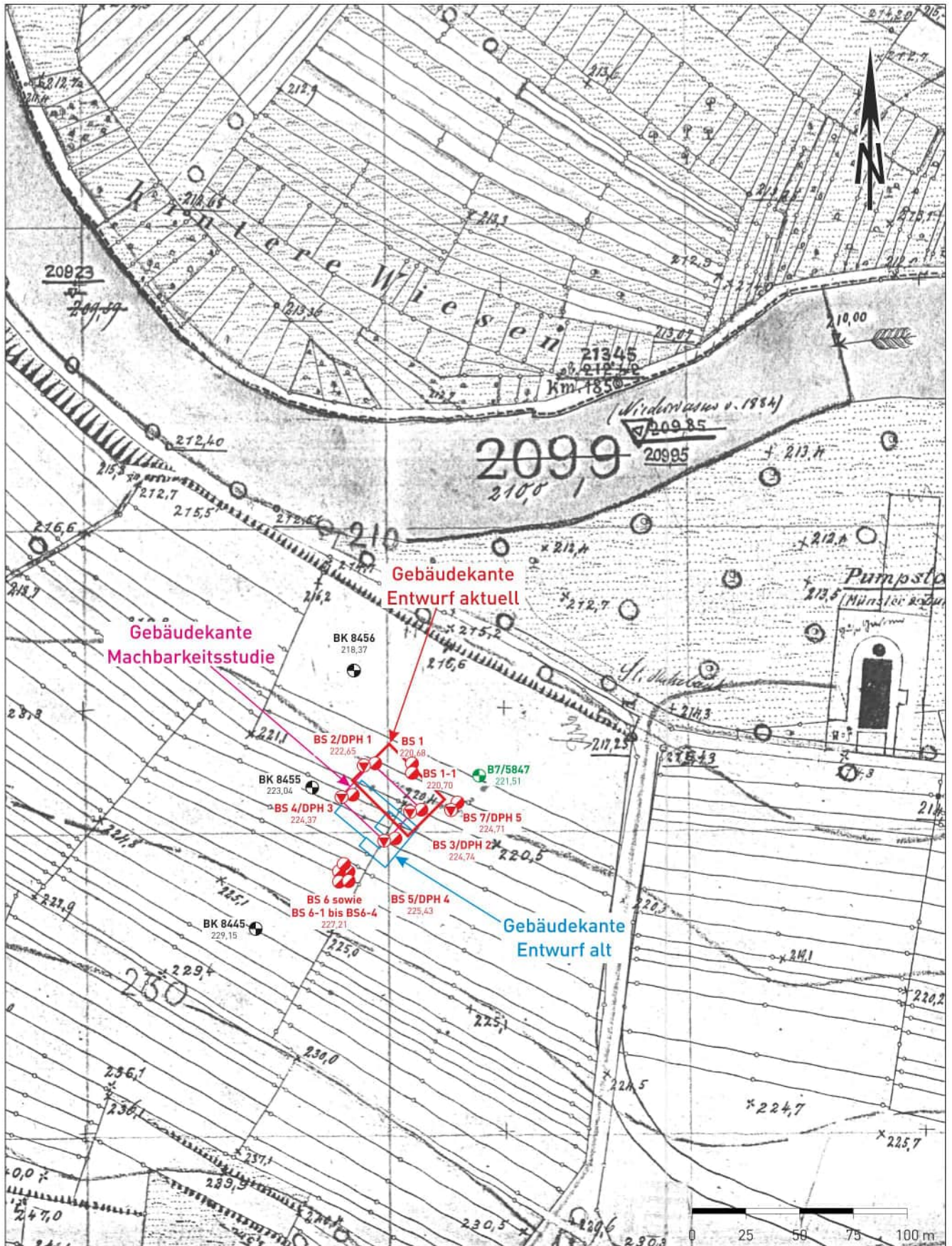
Übersichtslageplan mit
Lage der geplanten Feuerwehrrwache

gez.
gepr.

Maßstab
1:25 000



Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte und Verlauf des geologischen Schnittes



Auszug aus der Höhenflurkarte mit Lage der Erkundungspunkte
NO 30/11 aus dem Jahr 1890

gez.
gepr.

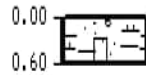
Maßstab
1:2500

<p>Untersuchungsstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> SCH Schurf BK Kernbohrung BS Kleinbohrung 	<p>Rammsondierung (Dynamic Probing)</p> <ul style="list-style-type: none"> DPL leichte Sonde (light) DPM mittelschwere Sonde (medium) DPH schwere Sonde (heavy) 	<p>Bodenproben</p> <ul style="list-style-type: none"> Güteklasse 1 Güteklasse 3 Kernstück 																																												
<p>Bodenarten-Beschreibung</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>Auffüllung</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Y</td><td>Blöcke</td><td>y</td><td>mit Blöcken</td></tr> <tr><td>X</td><td>Steine</td><td>x</td><td>steinig</td></tr> <tr><td>G</td><td>Kies</td><td>g</td><td>kiesig</td></tr> <tr><td>S</td><td>Sand</td><td>s</td><td>sandig</td></tr> <tr><td>U</td><td>Schluff</td><td>u</td><td>schluffig</td></tr> <tr><td>T</td><td>Ton</td><td>t</td><td>tonig</td></tr> <tr><td>H</td><td>Humus, Torf</td><td>h</td><td>humos, torfig</td></tr> <tr><td>F</td><td>Faulschlamm</td><td>o</td><td>org. Anteile</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Mergel</td><td>mg</td><td>mergelig</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>dol.</td><td>dolomitisch</td></tr> </table>	A	Auffüllung			Y	Blöcke	y	mit Blöcken	X	Steine	x	steinig	G	Kies	g	kiesig	S	Sand	s	sandig	U	Schluff	u	schluffig	T	Ton	t	tonig	H	Humus, Torf	h	humos, torfig	F	Faulschlamm	o	org. Anteile	Mg	Mergel	mg	mergelig			dol.	dolomitisch	<p>Korngrößen</p> <p>f fein m mittel g grob</p> <p>grobkörnige Nebenteile (Massenanteile Körnungslinie)</p> <p>· schwach (< 15%) - stark (> 30%)</p> <p>feinkörnige Nebenteile (Einfluss auf Verhalten des Bodens)</p> <p>· schwach - stark</p>	<p>Konsistenz</p> <p>}} breiig } weich : steif halbfest fest</p> <p>Kalkgehalt (Aufbraus-Test: 10% HCl)</p> <p>Ca:0 kalkfrei Ca:+ kalkhaltig Ca:++ stark kalkhaltig</p>
A	Auffüllung																																													
Y	Blöcke	y	mit Blöcken																																											
X	Steine	x	steinig																																											
G	Kies	g	kiesig																																											
S	Sand	s	sandig																																											
U	Schluff	u	schluffig																																											
T	Ton	t	tonig																																											
H	Humus, Torf	h	humos, torfig																																											
F	Faulschlamm	o	org. Anteile																																											
Mg	Mergel	mg	mergelig																																											
		dol.	dolomitisch																																											
<p>Felsarten-Beschreibung</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Z</td><td>Fels allgemein</td></tr> <tr><td>Zv</td><td>Fels verwittert</td></tr> <tr><td>Ko, Br</td><td>Konglomerat, Brekzie</td></tr> <tr><td>Sst</td><td>Sandstein</td></tr> <tr><td>Utst, Tst</td><td>Schluffstein, Tonstein</td></tr> <tr><td>Mst, Kst</td><td>Mergelstein, Kalkstein</td></tr> <tr><td>Dst</td><td>Dolomitstein</td></tr> <tr><td>Gyst</td><td>Gipsstein</td></tr> <tr><td>Mem</td><td>Massige Metamorphite (z.B. Gneis)</td></tr> <tr><td>Pl</td><td>Plutonite (z.B. Granit)</td></tr> <tr><td>Vu</td><td>Vulkanite (z.B. Basalt)</td></tr> </table>	Z	Fels allgemein	Zv	Fels verwittert	Ko, Br	Konglomerat, Brekzie	Sst	Sandstein	Utst, Tst	Schluffstein, Tonstein	Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein	Dst	Dolomitstein	Gyst	Gipsstein	Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)	Pl	Plutonite (z.B. Granit)	Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)	<p>Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit (Df) im Feld</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Bezeichnung</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Feldversuch</u></th> </tr> <tr> <td>außerordentlich gering</td> <td>mit Fingernagel leicht ritzbar</td> </tr> <tr> <td>sehr gering</td> <td>mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln</td> </tr> <tr> <td>gering</td> <td>mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbar</td> </tr> <tr> <td>mäßig hoch</td> <td>mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen</td> </tr> <tr> <td>hoch</td> <td>nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen</td> </tr> <tr> <td>sehr hoch</td> <td>nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen</td> </tr> <tr> <td>außerordentlich hoch</td> <td>durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter</td> </tr> </table> <p>Kalkgehalt (s. Boden)</p>		<u>Bezeichnung</u>	<u>Feldversuch</u>	außerordentlich gering	mit Fingernagel leicht ritzbar	sehr gering	mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln	gering	mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbar	mäßig hoch	mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen	hoch	nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen	sehr hoch	nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen	außerordentlich hoch	durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter						
Z	Fels allgemein																																													
Zv	Fels verwittert																																													
Ko, Br	Konglomerat, Brekzie																																													
Sst	Sandstein																																													
Utst, Tst	Schluffstein, Tonstein																																													
Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein																																													
Dst	Dolomitstein																																													
Gyst	Gipsstein																																													
Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)																																													
Pl	Plutonite (z.B. Granit)																																													
Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)																																													
<u>Bezeichnung</u>	<u>Feldversuch</u>																																													
außerordentlich gering	mit Fingernagel leicht ritzbar																																													
sehr gering	mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln																																													
gering	mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbar																																													
mäßig hoch	mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen																																													
hoch	nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen																																													
sehr hoch	nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen																																													
außerordentlich hoch	durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter																																													
<p>Zerlegung</p> <p>⚡ klüftig</p> <p>Schichtflächenabstand</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Bezeichnung</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Abstand [mm]</u></th> </tr> <tr> <td>sehr dick</td> <td>größer als 2000</td> </tr> <tr> <td>dick</td> <td>2000 bis 600</td> </tr> <tr> <td>mittel</td> <td>600 bis 200</td> </tr> <tr> <td>dünn</td> <td>200 bis 60</td> </tr> <tr> <td>sehr dünn</td> <td>60 bis 20</td> </tr> <tr> <td>grob laminiert</td> <td>20 bis 6</td> </tr> <tr> <td>fein laminiert</td> <td>kleiner als 6</td> </tr> </table> <p>Kluffflächenabstand</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Bezeichnung</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Abstand [mm]</u></th> </tr> <tr> <td>sehr weitständig</td> <td>größer als 2000</td> </tr> <tr> <td>weitständig</td> <td>2000 bis 600</td> </tr> <tr> <td>mittelständig</td> <td>600 bis 200</td> </tr> <tr> <td>engständig</td> <td>200 bis 60</td> </tr> <tr> <td>sehr engständig</td> <td>60 bis 20</td> </tr> <tr> <td>außerordentlich engständig</td> <td>kleiner als 20</td> </tr> </table>			<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>	sehr dick	größer als 2000	dick	2000 bis 600	mittel	600 bis 200	dünn	200 bis 60	sehr dünn	60 bis 20	grob laminiert	20 bis 6	fein laminiert	kleiner als 6	<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>	sehr weitständig	größer als 2000	weitständig	2000 bis 600	mittelständig	600 bis 200	engständig	200 bis 60	sehr engständig	60 bis 20	außerordentlich engständig	kleiner als 20														
<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>																																													
sehr dick	größer als 2000																																													
dick	2000 bis 600																																													
mittel	600 bis 200																																													
dünn	200 bis 60																																													
sehr dünn	60 bis 20																																													
grob laminiert	20 bis 6																																													
fein laminiert	kleiner als 6																																													
<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>																																													
sehr weitständig	größer als 2000																																													
weitständig	2000 bis 600																																													
mittelständig	600 bis 200																																													
engständig	200 bis 60																																													
sehr engständig	60 bis 20																																													
außerordentlich engständig	kleiner als 20																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width:15%;">Verwitterungsstufen</th> <th style="width:15%;">VS 5</th> <th style="width:15%;">VS 4</th> <th style="width:15%;">VS 3</th> <th style="width:15%;">VS 2</th> <th style="width:15%;">VS 1</th> <th style="width:15%;">VS 0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gesteinstyp</td> <td>Boden</td> <td>Boden</td> <td>Boden + Gestein</td> <td>Gestein</td> <td>Gestein</td> <td>Gestein</td> </tr> <tr> <td>Bezeichnung</td> <td>zersetzt</td> <td>vollständig verwittert</td> <td>stark verwittert</td> <td>mäßig verwittert</td> <td>schwach verwittert</td> <td>frisch</td> </tr> <tr> <td>Beschreibung</td> <td>gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, ohne Gefüge</td> <td>gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, Gefüge größtenteils unversehrt</td> <td>mehr als die Hälfte des Gesteins zersetzt oder zerfallen Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.</td> <td>weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt</td> <td>Verfärbung</td> <td>möglicherweise leichte Verfärbung</td> </tr> </tbody> </table>							Verwitterungsstufen	VS 5	VS 4	VS 3	VS 2	VS 1	VS 0	Gesteinstyp	Boden	Boden	Boden + Gestein	Gestein	Gestein	Gestein	Bezeichnung	zersetzt	vollständig verwittert	stark verwittert	mäßig verwittert	schwach verwittert	frisch	Beschreibung	gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, ohne Gefüge	gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, Gefüge größtenteils unversehrt	mehr als die Hälfte des Gesteins zersetzt oder zerfallen Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.	weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt	Verfärbung	möglicherweise leichte Verfärbung												
Verwitterungsstufen	VS 5	VS 4	VS 3	VS 2	VS 1	VS 0																																								
Gesteinstyp	Boden	Boden	Boden + Gestein	Gestein	Gestein	Gestein																																								
Bezeichnung	zersetzt	vollständig verwittert	stark verwittert	mäßig verwittert	schwach verwittert	frisch																																								
Beschreibung	gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, ohne Gefüge	gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, Gefüge größtenteils unversehrt	mehr als die Hälfte des Gesteins zersetzt oder zerfallen Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.	weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt	Verfärbung	möglicherweise leichte Verfärbung																																								
<p>Grundwasser (Gw) Gw-Spiegel / Gw-Stand</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">100,00 mNN</td> <td>undefiniert oder nach Bohrende</td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle; text-align: center;"> </td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;"> Aufsatzrohr Ringraumzementation Filterrohr Sumpfrohr Quellton Bohrendtiefe </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">100,00 mNN</td> <td>angebohrt</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">100,00 mNN</td> <td>in Ruhe im ausgebauten Bohrloch</td> </tr> </table> <p>Normen: DIN EN ISO 14688, DIN EN ISO 14689-1 DIN 4022, DIN 4023</p> <p style="text-align: center;"> Vernässung oberhalb des Gw</p>								100,00 mNN	undefiniert oder nach Bohrende		Aufsatzrohr Ringraumzementation Filterrohr Sumpfrohr Quellton Bohrendtiefe		100,00 mNN	angebohrt		100,00 mNN	in Ruhe im ausgebauten Bohrloch																													
	100,00 mNN	undefiniert oder nach Bohrende		Aufsatzrohr Ringraumzementation Filterrohr Sumpfrohr Quellton Bohrendtiefe																																										
	100,00 mNN	angebohrt																																												
	100,00 mNN	in Ruhe im ausgebauten Bohrloch																																												
<p>Beschreibung der Schichtenfolgen: Kurzzeichen und Abkürzungen</p>																																														

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
 R = 35 15 558 / H = 54 09 757
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 220,68 mNN (= Gel.)

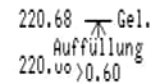
gebohrt von:
 am : 28.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS01.bpr; 29.09.2020

BS 1

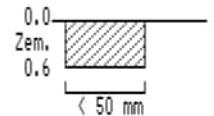


Schluff,t',s,g (Kst), krümelig, halbfest
 bei 0,6 m weiße Sondierspitze (Kst)

ab 0,6 m u. Gel. kein weiterer Bohrfortschritt
 Bodenproben: 0,0-0,6 m
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen



Verfüllung

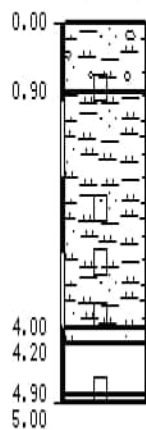


Zem. = Zement-Bentonit
 ∅ nicht maßstäblich

TK 25: 7212 Stuttgart-NO
 R = 35 15 558 / H = 54 09 755
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 220,7 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 28.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS01-1.bpr; 29.09.2020

BS 1-1



w_n (%)

Kies (Kst, Ziegelreste),u,t,s, graubraun, U-Anteil
 halbfest

Schluff,t,fs', braun, halbfest

12.5

6.9

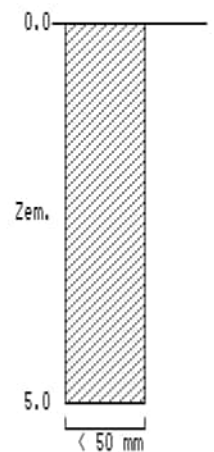
Kies (Kst),s,u, graubraun
 Kernverlust

Kies (Kst, Qz, gerundet),s, braun

ab 4,9 m u. Gel. sehr geringer Bohrfortschritt
 Bodenproben: 0,0-1,0 m; 1,0-2,6 m; 2,6-3,3 m;
 3,3-4,0 m; 4,9-5,0 m
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen



Verfüllung



Zem. = Zement-Bentonit
 ∅ nicht maßstäblich

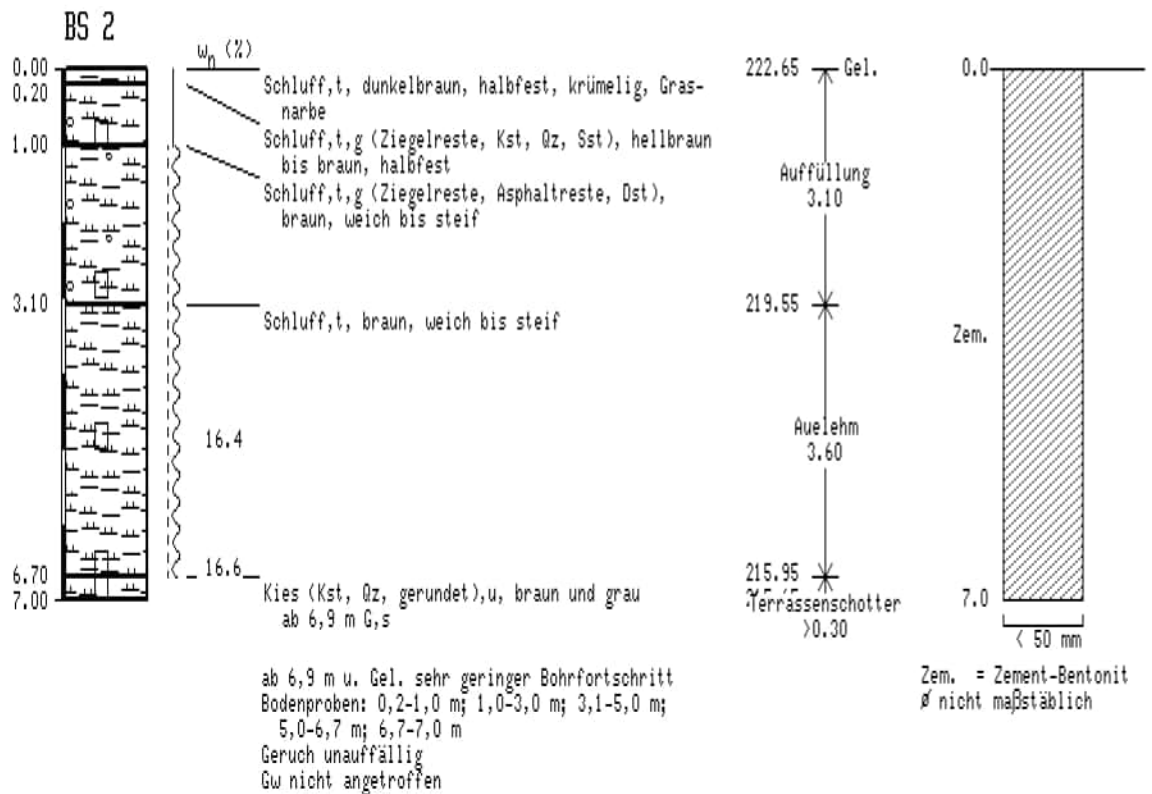
Schichtenfolge der Kleinbohrung
 BS 1 und BS 1-1

gez.
 gepr.

Maßstab
 1:100

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
 R = 35 15 538 / H = 54 09 758
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 222,65 mNN (= Gel.)

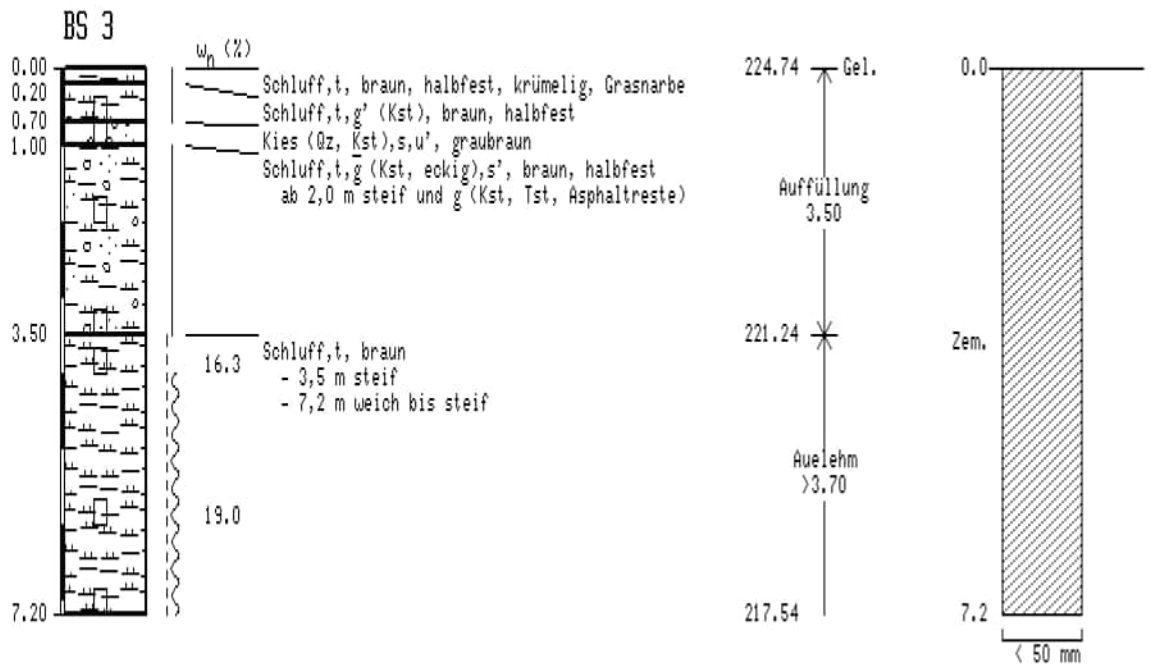
gebohrt von:
 am : 28.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS02.bpr; 29.09.2020



TK 25: 7121 Stuttgart-N0
 R = 35 15 560 / H = 54 09 737
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 224.74 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:\S&P\AUFR20\20101\BS03.bpr; 29.09.2020

Verfüllung



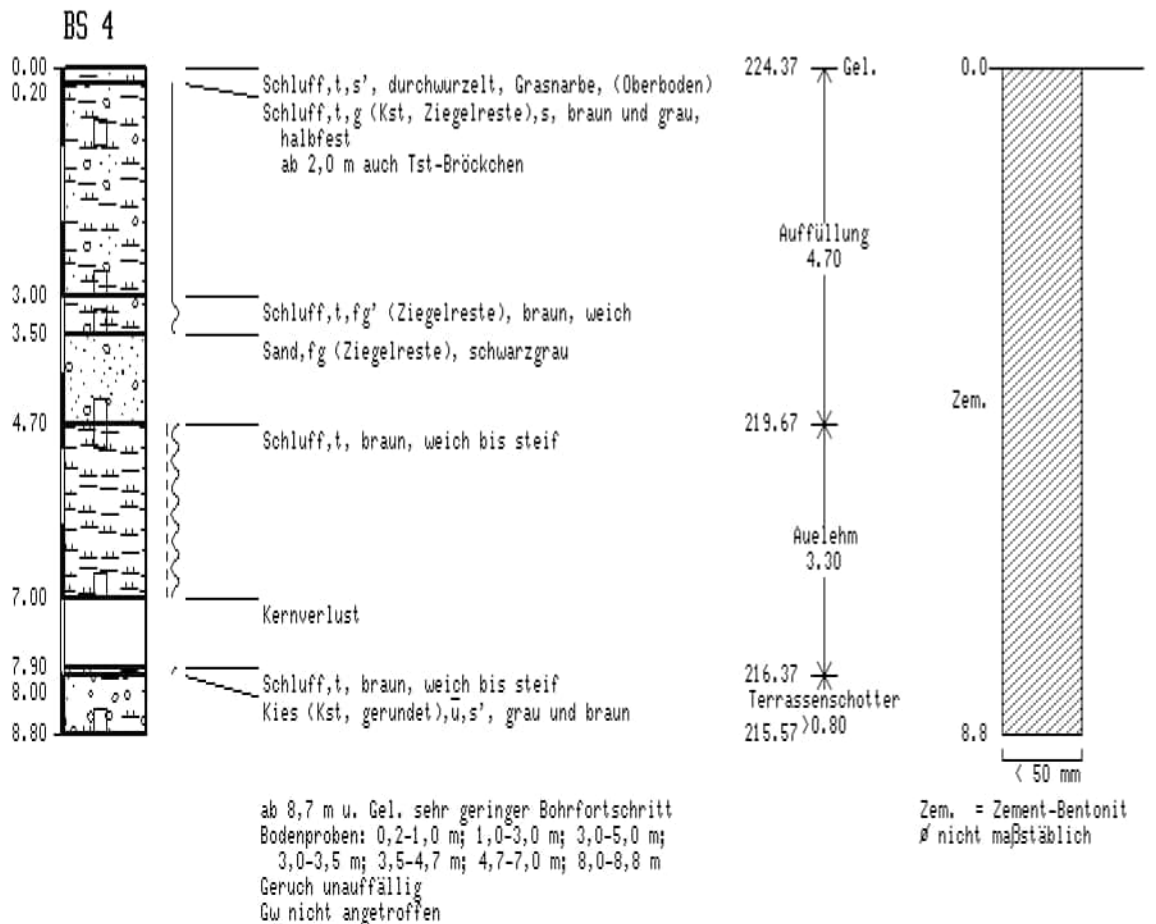
ab 7,1 m u. Gel. sehr geringer Bohrfortschritt
 Bodenproben: 0,2-0,7 m; 0,7-1,0 m; 1,0-2,0 m;
 2,0-3,5 m; 3,5-4,0 m; 4,0-6,0 m; 6,0-7,2 m
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen

Zem. = Zement-Bentonit
 ∅ nicht maßstäblich

TK 25: 7121 Stuttgart-N0
 R = 35 15 528 / H = 54 09 743
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 224.37 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 28.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G: 'S&P'AUFTR20'20101'BS04.bpr; 29.09.2020

Verfüllung



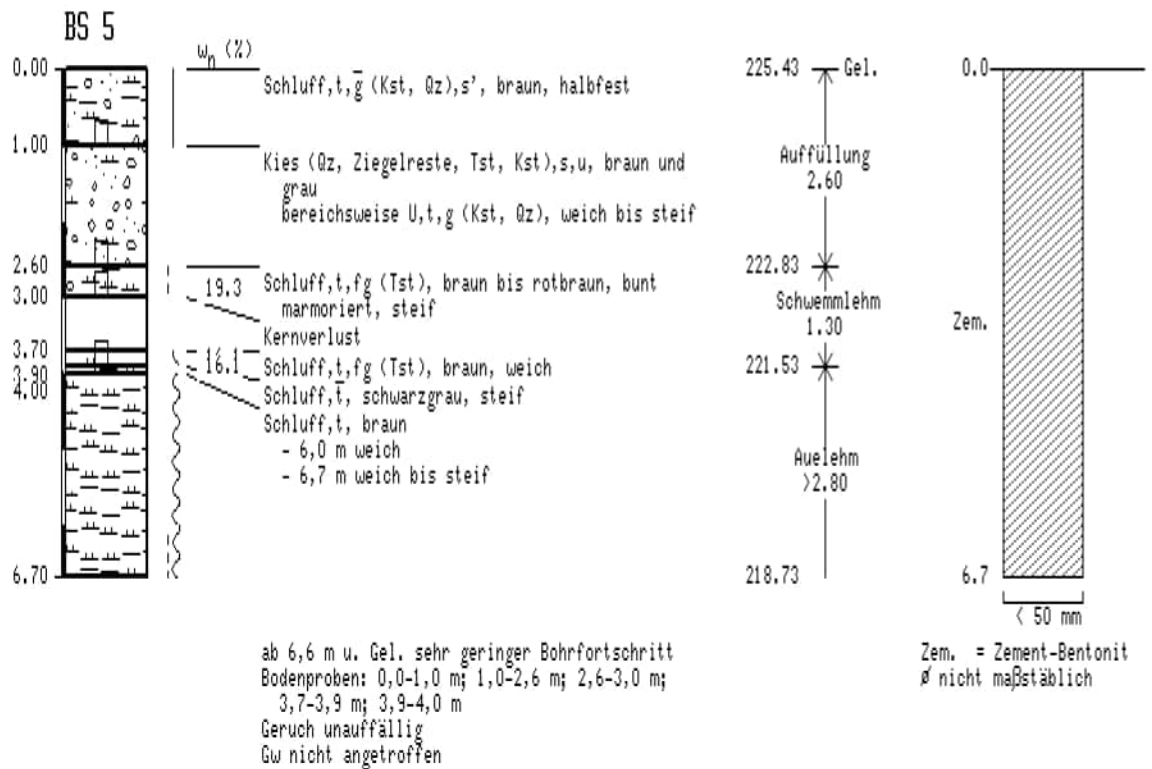
Schichtenfolge der Kleinbohrung
 BS 4

gez.
 gepr.

Maßstab
 1:100

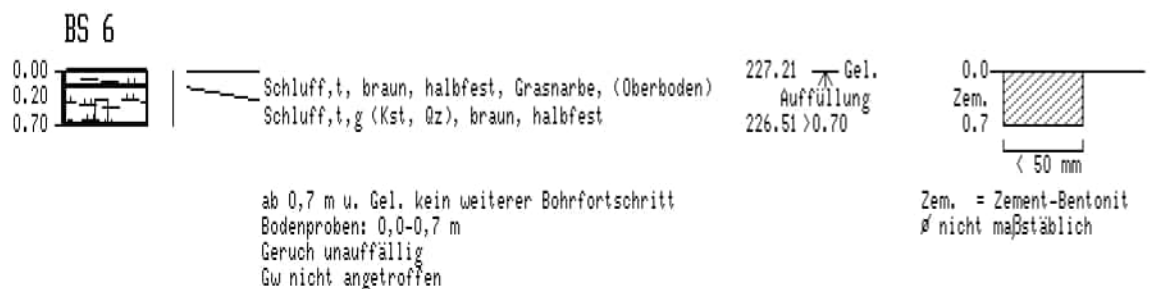
TK 25: 7121 Stuttgart-NO
 R = 35 15 547 / H = 54 09 724
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 225.43 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS05.bpr; 29.09.2020



TK 25: 7121 Stuttgart-NO
 R = 35 15 526 / H = 54 09 708
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 227.21 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS06.bpr; 29.09.2020

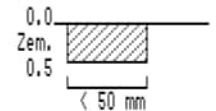
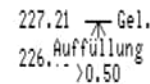
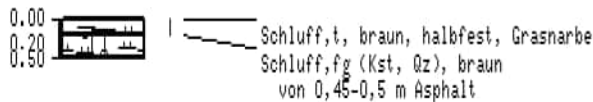


TK 25: 7121 Stuttgart-N0
 R = 35 15 527 / H = 54 09 708
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 227.21 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS06-1.bpr; 29.09.2020

Verfüllung

BS 6-1



ab 0,5 m u. Gel. kein weiterer Bohrfortschritt
 Bodenproben: 0,2-0,45 m; 0,45-0,5 m
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen

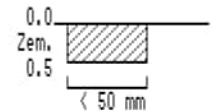
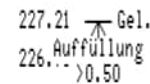
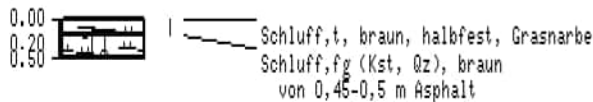
Zem. = Zement-Bentonit
 ∅ nicht maßstäblich

TK 25: 7121 Stuttgart-N0
 R = 35 15 527 / H = 54 09 708
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 227.21 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS06-1.bpr; 29.09.2020

Verfüllung

BS 6-1



ab 0,5 m u. Gel. kein weiterer Bohrfortschritt
 Bodenproben: 0,2-0,45 m; 0,45-0,5 m
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen

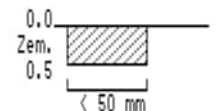
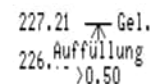
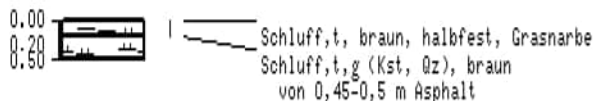
Zem. = Zement-Bentonit
 ∅ nicht maßstäblich

TK 25: 7121 Stuttgart-N0
 R = 35 15 527 / H = 54 09 709
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 227.21 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Maier/S&P
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol. P. Polzin/S&P
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS06-3.bpr; 29.09.2020

Verfüllung

BS 6-3



ab 0,5 m u. Gel. kein weiterer Bohrfortschritt
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen

Zem. = Zement-Bentonit
 ∅ nicht maßstäblich

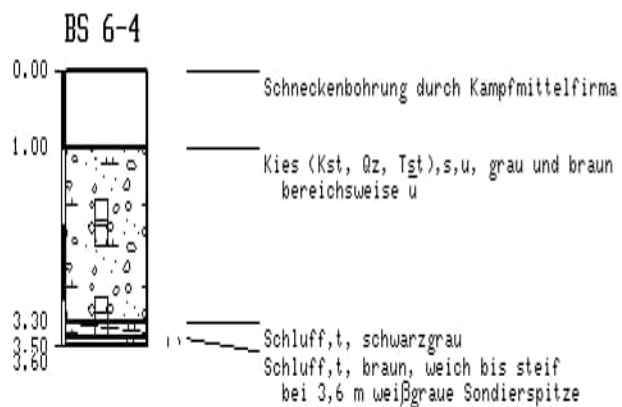
Schichtenfolge der Kleinbohrung
 BS 6-1, BS 6-2 und BS 6-3

gez.
 gepr.

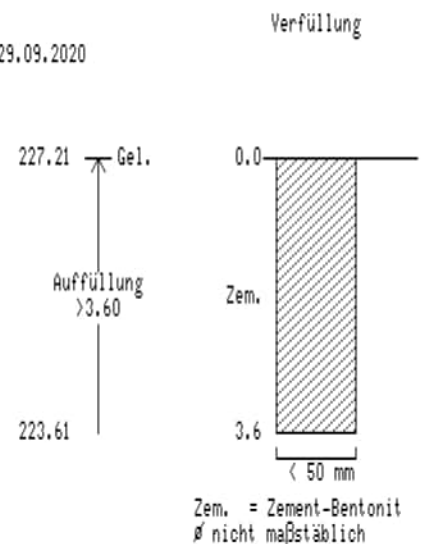
Maßstab
 1:100

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
 R = 35 15 528 / H = 54 09 707
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 227,21 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 28.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G:'S&P'AUFTR20'20101'BS06-4.bpr; 29.09.2020

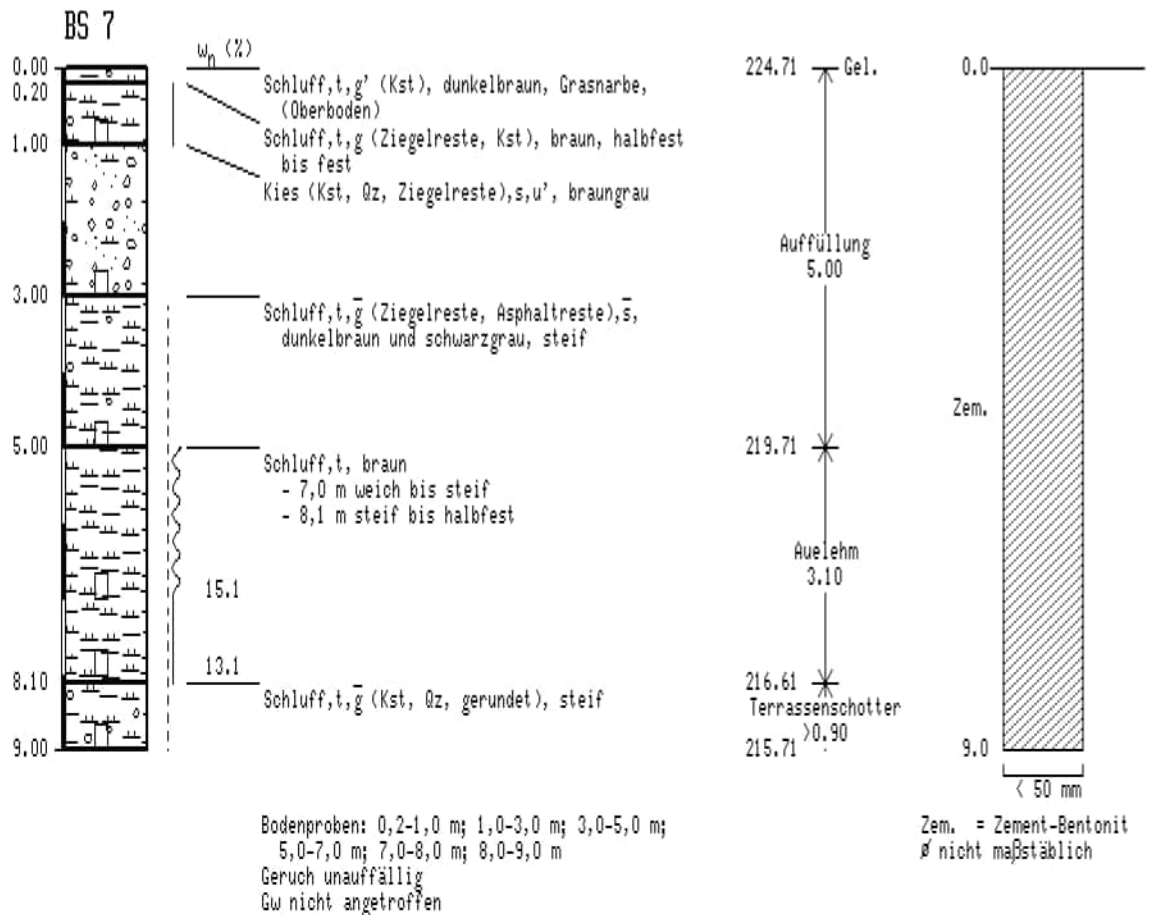


ab 3,6 m u. Gel. kein weiterer Bohrfortschritt
 Bodenproben: 1,0-2,0 m; 2,0-2,3 m; 2,3-3,3 m;
 3,3-3,5 m
 Geruch unauffällig
 Gw nicht angetroffen



TK 25: 7212 Stuttgart-N0
 R = 35 15 578 / H = 54 09 739
 Lage siehe auch Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 224.71 mNN (= Gel.)

gebohrt von:
 am : 27.07.20
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G: 'S&P'AUFTR20'20101'BS07.bpr; 29.09.2020



TK25: 7121 Stuttgart-NO

Sondierung

R ≈ 35 15 538 H ≈ 54 09 758

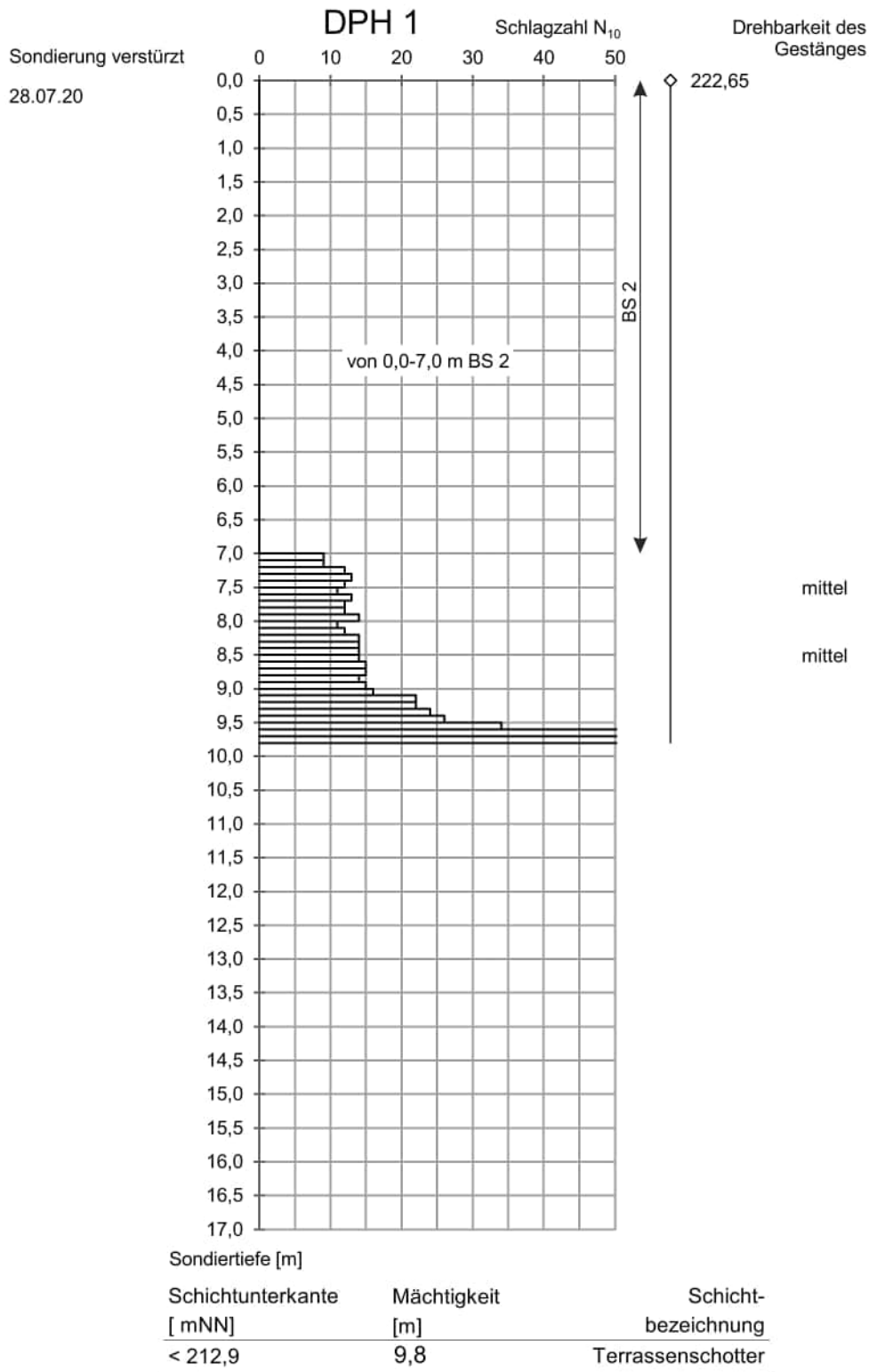
Geräteleiter: / S&P

Lage siehe Anlage 1.2

Datum: 28.07.20

Ansatzhöhe: 222,65 mNN (= Gelände)

Datei: 20101r1.RA2



TK25: 7121 Stuttgart-NO

R ≈ 35 15 560 H ≈ 54 09 737

Lage siehe Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 224,74 mNN (= Gelände)

Sondierung

Geräteleiter: / S&P

Datum: 27.07.20

Datei: 20101r2.RA2

Gw: 214,46 mNN

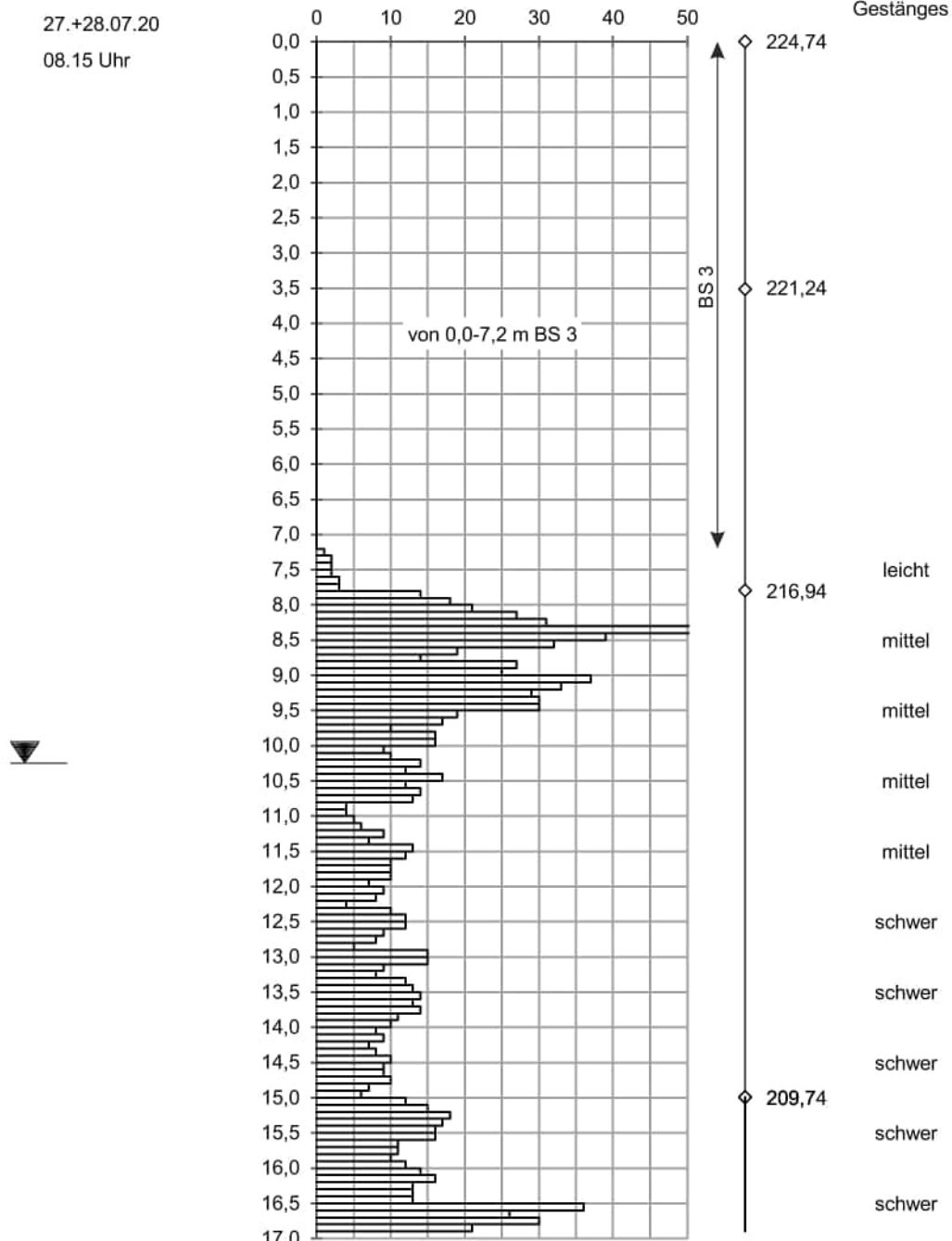
27.+28.07.20

08.15 Uhr

DPH 2

Schlagzahl N₁₀

Drehbarkeit des
Gestänges



Sondiertiefe [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtbezeichnung
Schichtunterkante [mNN]		
216,94	3,8	Auelehm
209,74	7,2	Terrassenschotter
< 207,8		Gipskeuper

TK25: 7121 Stuttgart-NO

R ≈ 35 15 528 H ≈ 54 09 743

Lage siehe Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 224,37 mNN (= Gelände)

Sondierung

Geräteleiter: / S&P

Datum: 27.07.20

Datei: 20101r3.RA2

Sondierung verstürzt

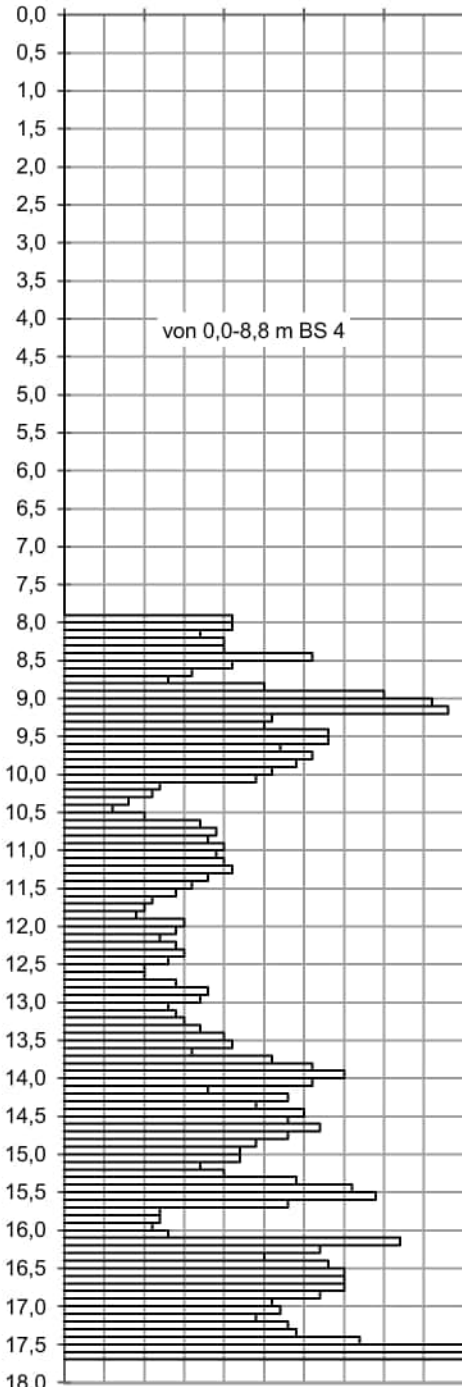
27.07.20

DPH 3

Schlagzahl N₁₀

Drehbarkeit des
Gestänges

0 10 20 30 40 50



BS 4

224,37
216,37
210,97

mittel
mittel
schwer
schwer
schwer
schwer

Sondiertiefe [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtbezeichnung
Schichtunterkante [mNN]		
210,97	5,4	Terrassenschotter
< 206,7		Gipskeuper

TK25: 7121 Stuttgart-NO

R ≈ 35 15 547 H ≈ 54 09 724

Lage siehe Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 225,43 mNN (= Gelände)

Sondierung

Geräteleiter: / S&P

Datum: 27.07.20

Datei: 20101r4.RA2

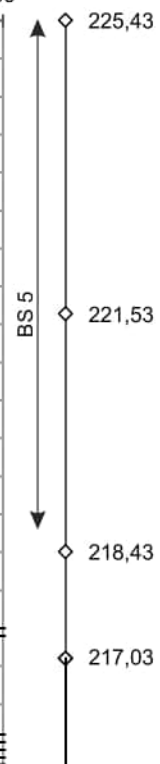
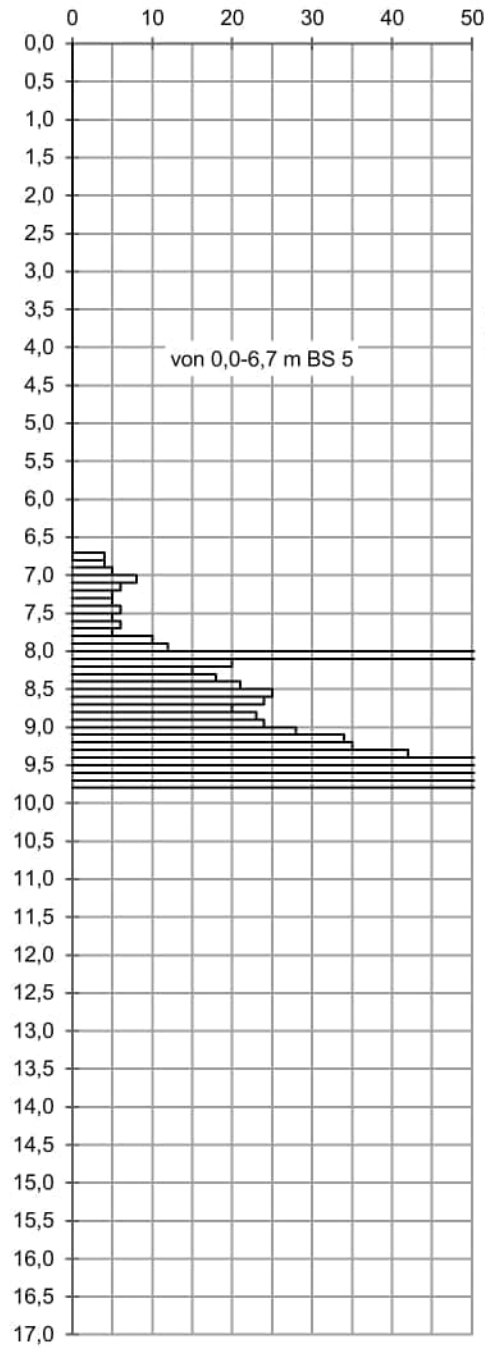
Sondierung verstärzt

DPH 4

Schlagzahl N₁₀

Drehbarkeit des
Gestänges

27.07.20



mittel
mittel
mittel

Sondiertiefe [m] Schichtunterkante [mNN]	Mächtigkeit [m]	Schicht- bezeichnung
218,43	3,1	Auelehm
217,03	1,4	Terrassenschotter
< 215,63		Gipskeuper

TK25: 7121 Stuttgart-NO

R ≈ 35 15 578 H ≈ 54 09 739

Lage siehe Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 224,71 mNN (= Gelände)

Sondierung

Geräteleiter: / S&P

Datum: 27.07.20

Datei: 20101r5.RA2

Gw: 214,31 mNN

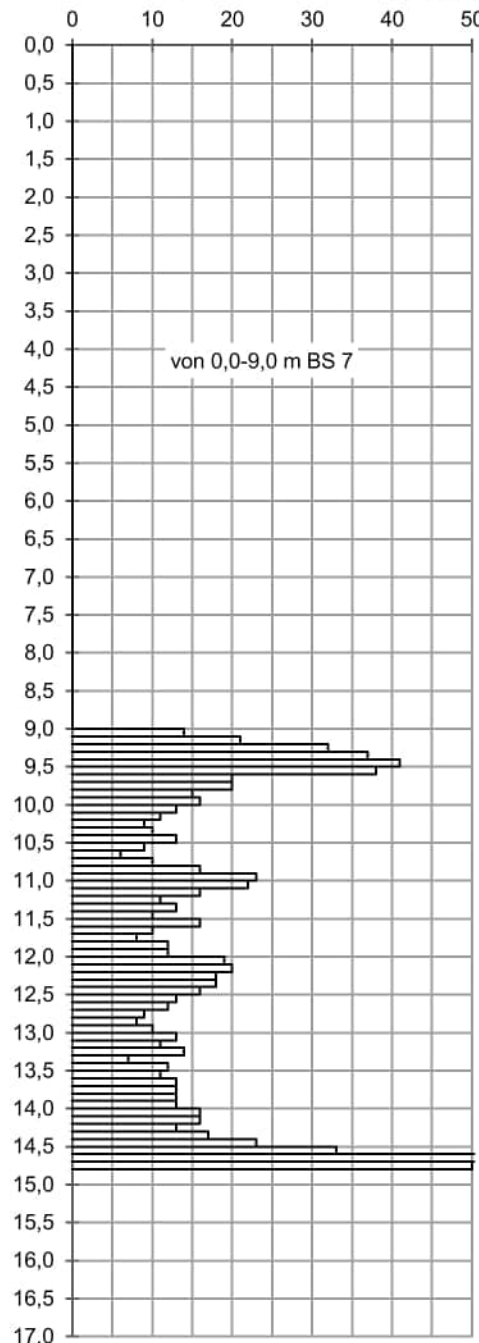
27.+28.07.20

08.15 Uhr

DPH 5

Schlagzahl N₁₀

Drehbarkeit des
Gestänges



BS 7

von 0,0-9,0 m BS 7

leicht
mittel
mittel
mittel
mittel

Sondiertiefe [m]

Schichtunterkante

Mächtigkeit

Schicht-

[mNN]

[m]

bezeichnung

210,31

6,3

Terrassenschotter

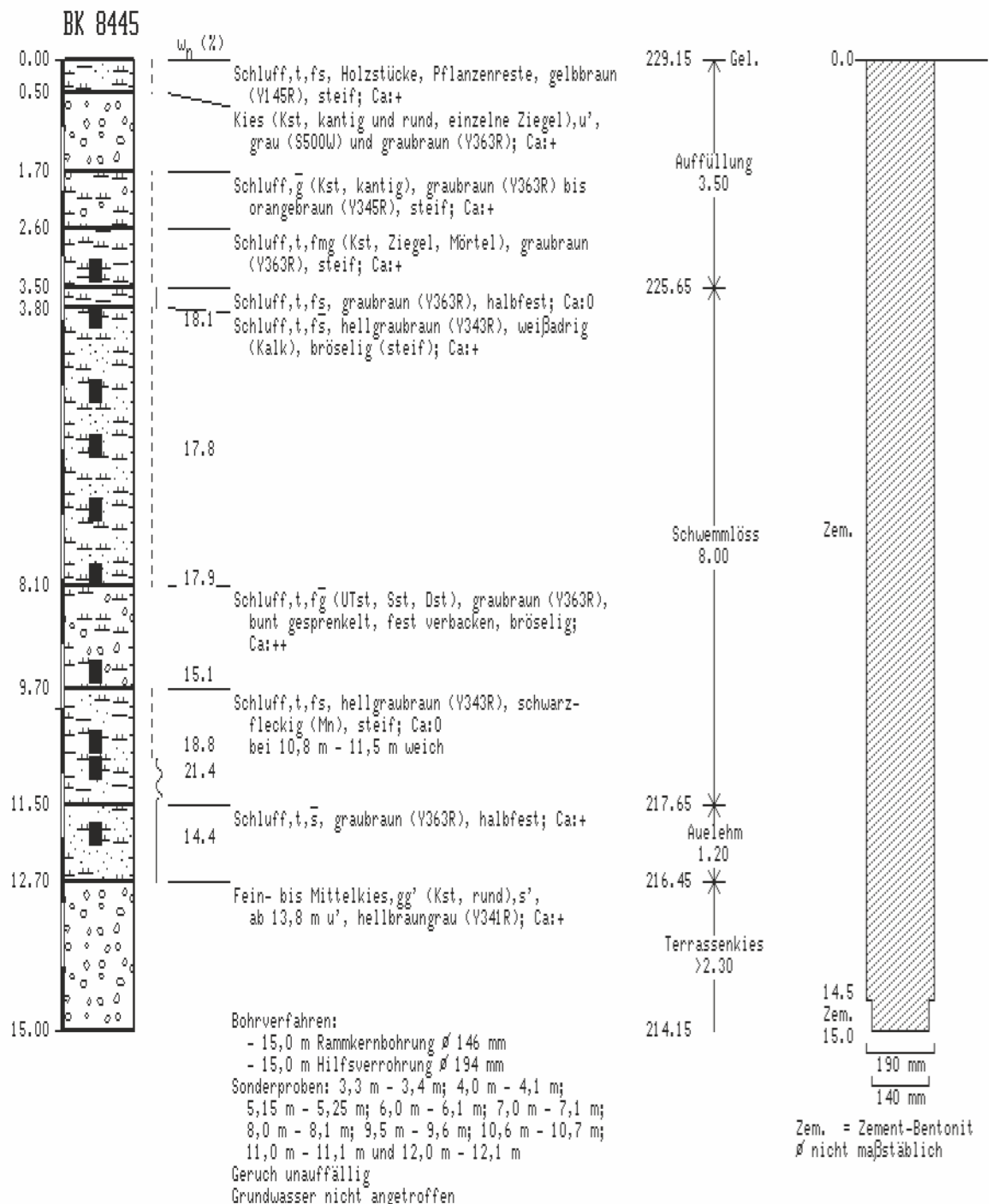
< 209,91

Gipskeuper

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
 R ≈ 35 15 482,959 / H ≈ 54 09 684,303
 genaue Lage s.a. Anlage 1.2
 Ansatzhöhe: 229.15 mNN (= Gel.)

gebohrt von: geo-Bohrtechnik GmbH
 gebohrt am: 26.-27.05.03
 aufgenommen: Dipl.-Geol.
 G: S&P AUFTR00'00119' BK8445.bpr; ks; 30.07.2020

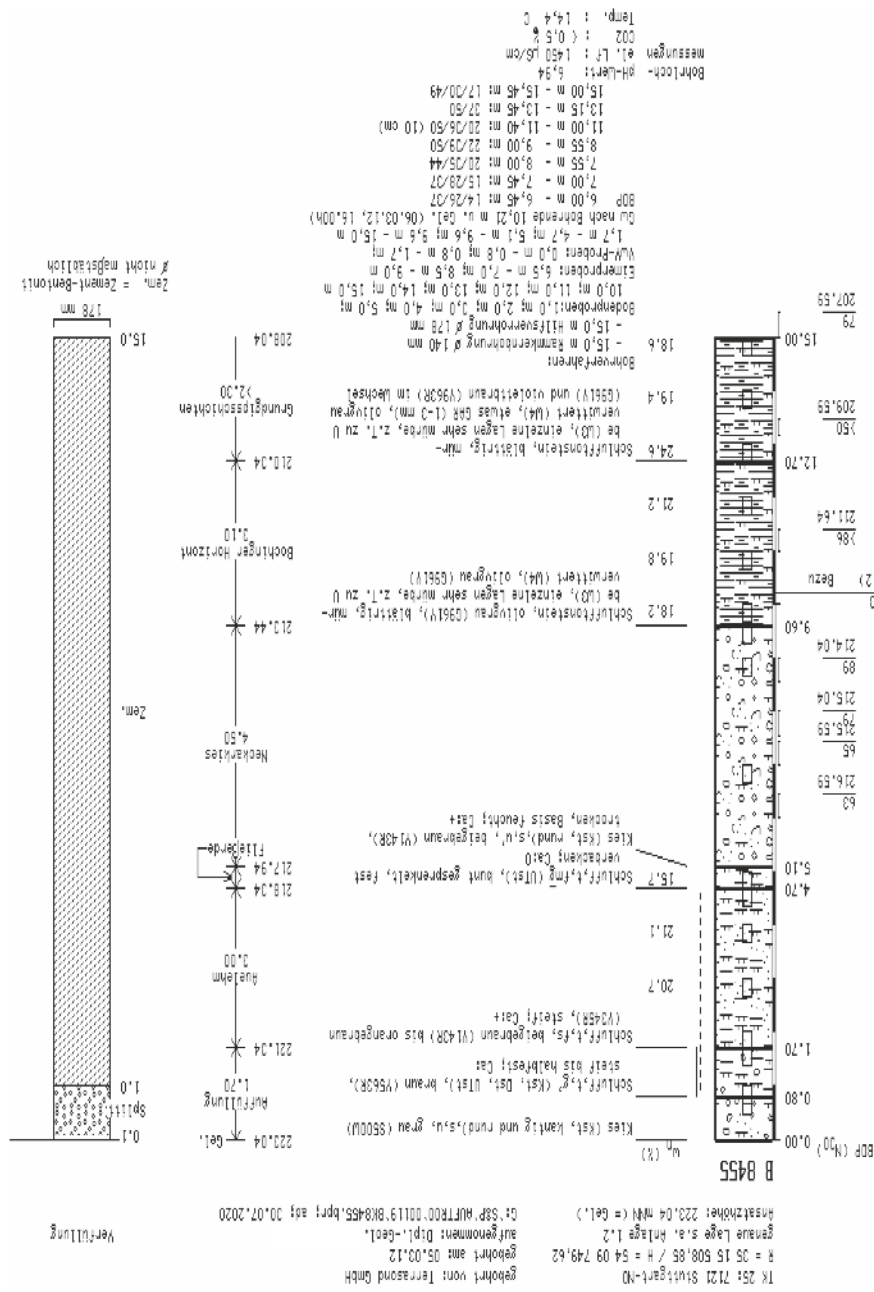
Verfüllung



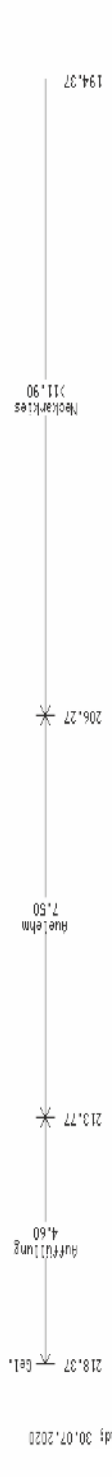
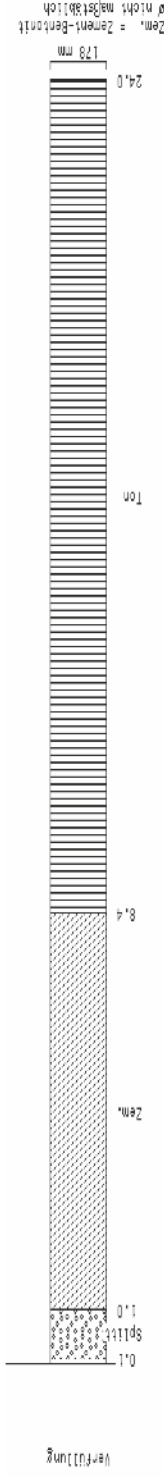
Schichtenfolge der Kernbohrung von 2003
 BK 8445

gez.
 gepr.

Maßstab
 1:100



geh. gepr.
 Maßstab 1:100
 Schichtenfolge der Kernbohrung von 2012 BK 8455



TK 251 7121 Stückzahl-Nr
 R = 35 15 528,05 / H = 54 09 803,99
 genehme Lage ex. Anlage 1.2
 aufgegeben: Dipl.-Geol.
 Gf. S&P, Auftr. 000119 BK&ES, abg. ad; 30.07.2020
 gebürtig vom Terrassend. Gmbh
 gebürtig am 12.03.12
 Anseitzhöhe 218,37 MNH (= Gel.)
 B 8456
 u_n (%)
 Kies (Kst), kantig und rund; m., braungrau (W16R);
 Splitt
 oberer Brestonstein
 Schurf; gk (Kst, rund; graubraun, steif) Cat+
 Schurf; graubraun (V30R); einzelne Keramik-
 spherulen und Knochenteile; steif; Cat+
 Schurf; fts, orangebraun (V30R); einzelne ver-
 moderte Pflanzenreste; Cat0
 - 8,0 m steif
 - 11,2 m weich
 25,1
 27,0
 27,9
 27,9
 24,4
 25,4
 24,5
 Schurf; fts, brauneige (W4R) bis olivgrün
 (G961V); modrig; weich; Cat+
 Kies; (Kst), rund und kantig; s; u; braun
 (W48R); Cat+
 Schurf; g (Kst, rund; braungrau (W16R);
 weislich; Cat++
 Kies; (Kst), rund und kantig; s; u; verachsen;
 braun (W43R) bis braunbeige (W14R); Cat
 Schurf; fts, g (Kst, rund; braungrau (W16R);
 weislich; Cat0
 Schurf; fts, orangebraun (V30R); steif; Cat+
 Kies (Kst), rund und kantig; gerundet; u; s; beige-
 braun (W143R); U-Anteil] beilig; Cat+
 17,70
 199,92
 199,92
 199,92
 197,92
 21,00
 196,92
 49
 195,92
 53
 194,92
 24,00
 193,92
 Bohrlöcher-
 messungen
 pH-Wert: 6,92
 eL, Lf : 1455 µg/cm
 CO₂ : () 0,5 mg/l
 Temp. : 19,1 C
 Bohrlöcher-
 messungen
 eL, Lf : 1455 µg/cm
 CO₂ : () 0,5 mg/l
 Temp. : 19,1 C
 BOP (N90) 0,00
 0,30
 1,20
 4,60
 7,50
 11,90
 194,37
 24,0
 179 mm
 Zem. = Zement-Bentonit
 Splitt nicht maßstäblich

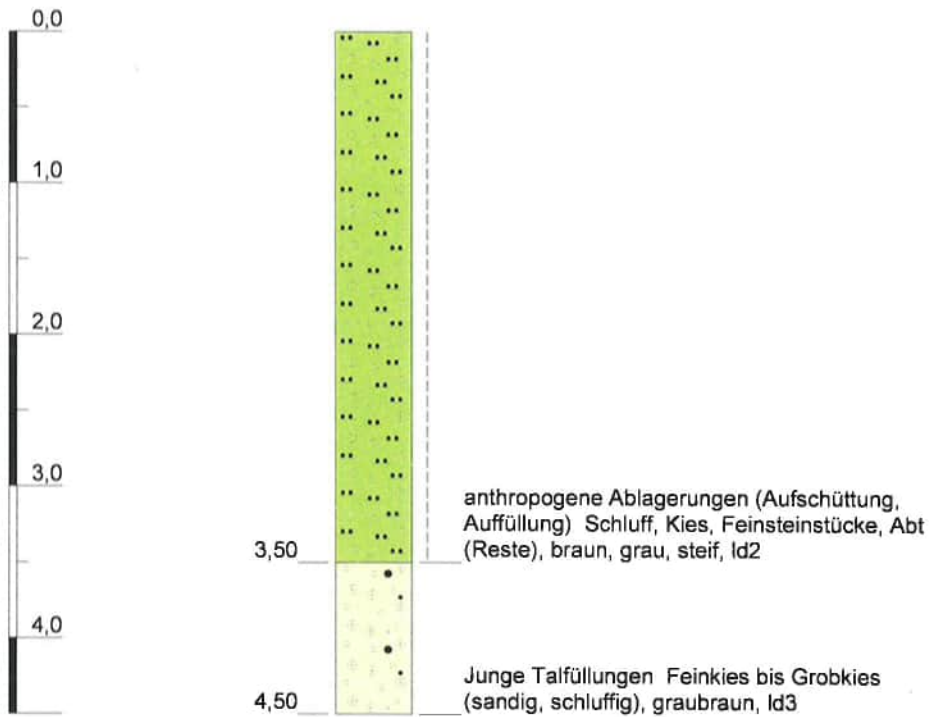
Schichtenfolge der Fremdbohrung B7/5847 von 1979

gez.
gepr.

GOK (221,51 m NN)

LGRB-Nr.: 7121-05847

7121/5847
Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau
Baden-Württemberg
LGRB-Archiv



Höhenmaßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Name: B 7 Hauptsammler S-Mühlhausen/ Münster

Aufschlusszweck: Baumaßnahme, Baugrunderkundung

Aufschlussart: Bohrung, allgemein

Rechtswert: 3515590,00

Bohrdatum: 17.09.1979

Hochwert: 5409756,00

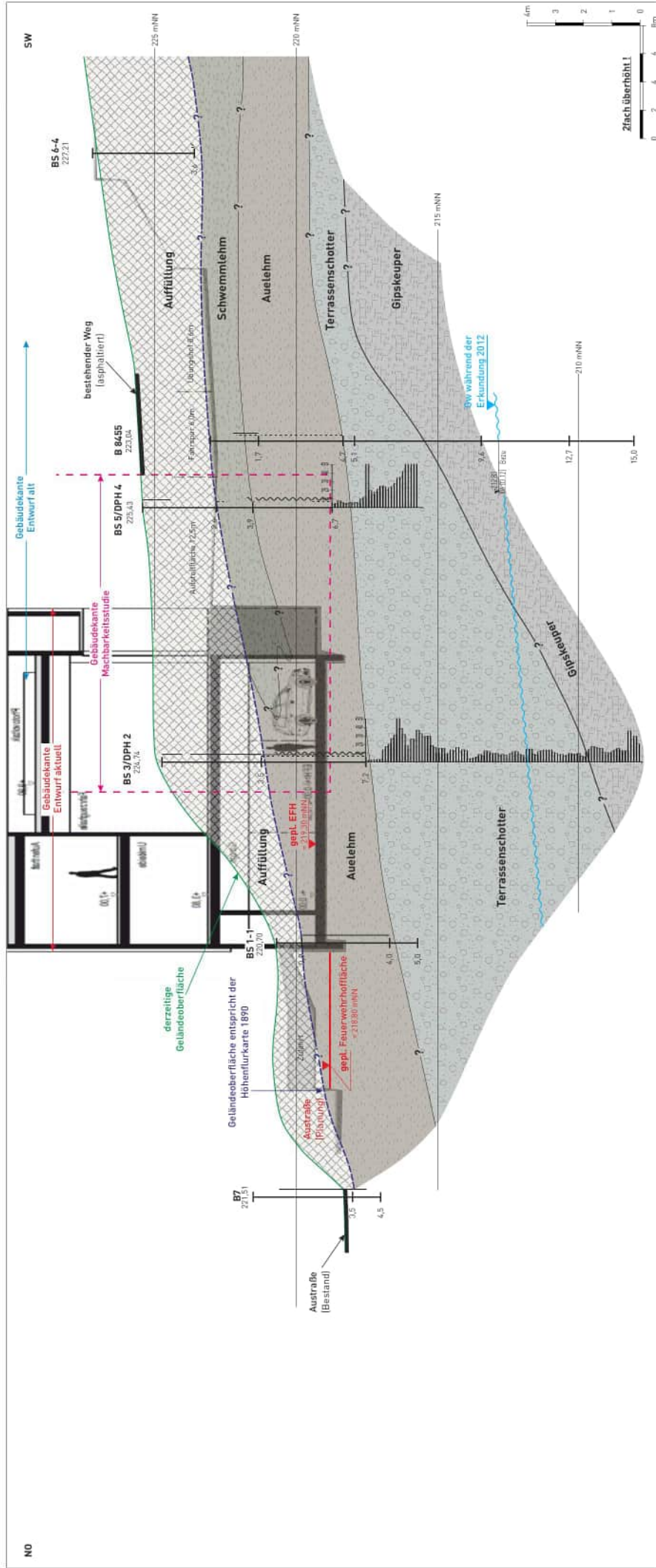
Endtiefe: 4,50 m

Ansatzhöhe: 221,51m

LGRB-Einstufung: Schichtenprofil regionalgeologisch eingeschränkt verwendbar

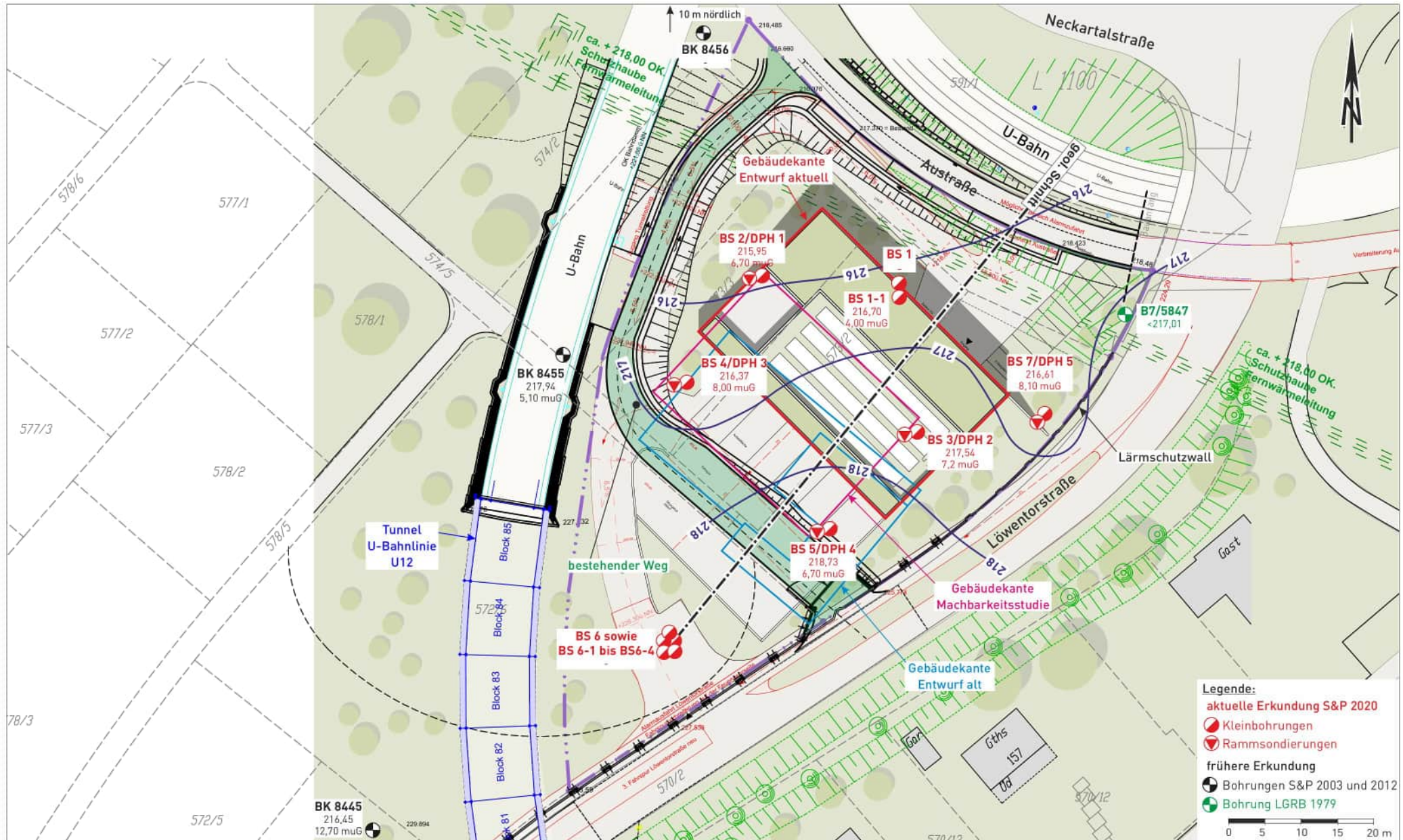


Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau



Geologischer Geländeschnitt
 (Schnittführung siehe Anlage 1.2)

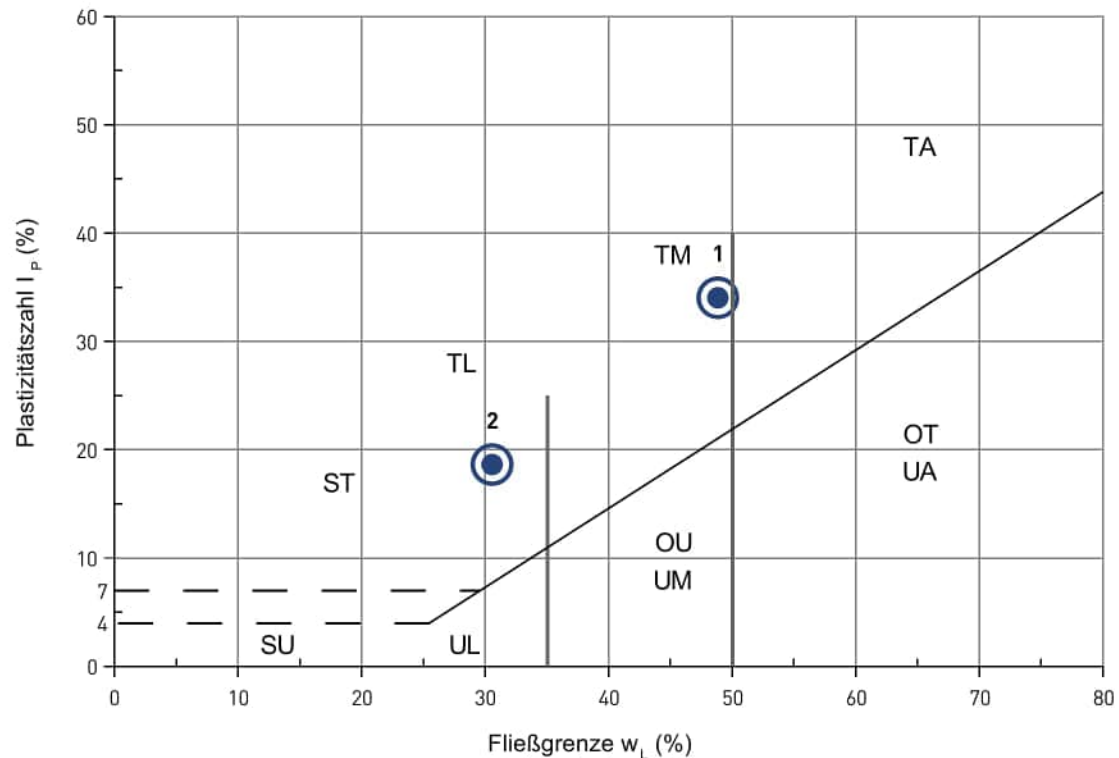
gez.	gepr.	Maßstab
		1:200/100



Schichtlagerungskarte mit Höhenlage (mNN und m u. Gel.) der Oberfläche der Terrassenschotter

gez. gepr. Maßstab 1:500

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

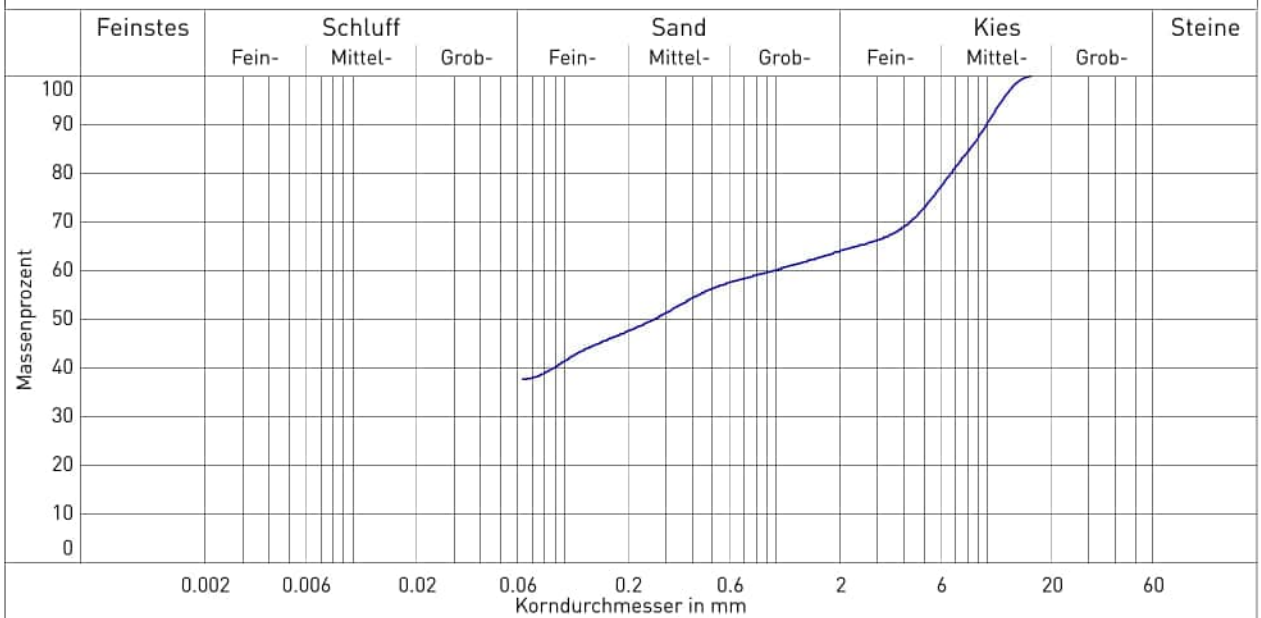


Probe Nr.		1	2
Aufschluss		BS 3	BS 5
Entnahmetiefe	[m u.Gel.]	4,0 m	3,9 m
Bodenart		U,t,s	U,t,s,fg
Geologie		Auelehm	Schwemmlehm
Natürl. Wassergehalt	w_n (%)	16,3	16,1
Überkorn	\ddot{u} (%)	1,2	9,9
Wassergehalt Matrix	$w_{<0,4}$ (%)	16,5	17,9
Fließgrenze	w_L (%)	48,8	30,6
Ausrollgrenze	w_p (%)	14,8	11,9
Plastizitätszahl	I_p (%)	34,0	18,6
Konsistenzzahl	I_c (-)	0,95	0,68
Konsistenz		steif	weich

Bodenklassifikation nach DIN 18196:

SU Sand-Schluff-Gemisch	TL Ton, leichtplastisch	OU Schluffe mit organischen Beimengungen oder organogene Schluffe
ST Sand-Ton-Gemisch	TM Ton, mittelplastisch	OT Tone mit organischen Beimengungen oder organogene Tone
	TA Ton, ausgeprägt plastisch	
UL Schluff, leichtplastisch		
UM Schluff, mittelplastisch		
UA Schluff, ausgeprägt zusammendrückbar		

**Bestimmung der Korngrößenverteilung
DIN ISO/TS 17892-4**



Versuchsname	BS1+BS4			
Geologie	Terrassenschotter			
Entnahmestelle	BS1 + BS4			
Entnahmetiefe	5,0m+8,8m			
Entnahmedatum				
Bodengruppe	SU			
Bodenart	U _{g,s}			
Ungleichförm. U	-			
Krümmungszahl Cc	-			
d ₁₀ / d ₆₀	- / 0.963 mm			
d ₃₀	-			
Anteil < 0.063 mm	37.7 %			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/37.7/26.4/35.9 %			

DC

Korngrößenverteilung nach DIN ISO/TS 17892-4 der Terrassenschotter

gez.
gepr.