

Gutachten
zur orientierenden Baugrunduntersuchung
für das Bauvorhaben
„Neubau Bahnhof- und Verwaltungsgebäude“
auf dem Grundstück
Daimlerstraße 2
in 53925 Kall

Gemarkung: Kall
Flur: 30
Flurstück: 377

Auftraggeber:
Gemeindeverwaltung Kall
Bahnhofstraße 9
53925 Kall

Projekt 241951
Mai, Juni, September 2024

WITTLER INGENIEURBÜRO
GEOLOGIE UND UMWELT
DIPLOM GEOLOGIN
BEATE WITTLER VDI

HAUPTSTRAßE 14
50859 KÖLN
T +49 (0) 221 4972645
F +49 (0) 221 3569865
M +49 (0) 177 4972645
BW@WITTLER-INGENIEURBUERO.DE
WWW.WITTLER-INGENIEURBUERO.DE

Inhalt

1.	Sachstand	4
2.	Untersuchungsgelände	5
2.1	Untersuchungsgrundstück	5
2.2	Gebäudebestand, Verkehrsflächen	6
2.3	Planungen	8
3.	Geologie und Hydrologie	10
4.	Untersuchungsergebnisse	10
4.1	Schichtung des Untergrundes	10
4.2	Untergrundwasser, Hydrogeologische Verhältnisse	14
4.3	Tektonische Beanspruchung	16
4.4	Georisiko Bergbau	16
5.	Beurteilung	17
5.1	Geotechnische Kategorie gemäß DIN 1054	17
5.2	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierungen	17
5.3	Homogenbereiche	19
6.	Geotechnische Folgerungen, Empfehlungen, Hinweise	22
6.1	Allgemeine Gründungsbedingungen	22
6.2	Gründung neues Verwaltungsgebäude mit angebauter Werkhalle	24
6.2.1	Rückbau Bestandsgebäude	24
6.2.2	Gründung mittels CMC-Säulen	24
6.2.3	Tiefgründung mittels Bohrpfählen	25
6.2.4	Herstellen Lastverteilungspolsters/Arbeitsebene	28
6.3	Gründung Anbau Fahrzeughalle	29
6.3.1	Fundamentgründung auf Schotterpolster	29
6.3.2	Gründung Betonhallenboden	30
6.3.3	Gründung Dachstützen neuer Dachüberstand	32
6.4	Gründung Streusalz-Silos	33
6.5	Abdichtung erdberührten Bauteile gemäß DIN 18533	33
7.	Sanierung Verkehrsflächen	34
8.	Anlegen und Sichern von Baugruben	36

9.	Wasserhaltung	37
10.	Wiederverwertbarkeit der Aushubböden aus bodenmechanischer Sicht	37
11.	Kampfmittel	38
12.	Weiterer Untersuchungsbedarf	38
13.	Schlussbemerkung	39

Tabellen

Tabelle 1: erbohrte Schichtgrenzen

Tabelle 2: Wasserstände während der Bohrkampagne

Tabelle 2: Überschwemmungswahrscheinlichkeiten gemäß HWRM-RL-Gefahrenkarte

Tabelle 3: Bodenkenngößen nach DIN 1055

Tabelle 4: Bodenklassifizierung

Tabelle 5: Unterteilung der Böden in Homogenbereiche gemäß VOB 2016: Lockergesteine

Tabelle 6: Unterteilung der Böden in Homogenbereiche gemäß VOB 2016: Felsgestein

Tabelle 7: Rechenwerte zur Vorbemessung von Ortbetonbohrpfählen“

Tabelle 8: Rechengrößen für Dimensionierung der Fundamente auf einem Schotterpolster

Tabelle 9: Baugrundanforderung unter Betonbodenplatten

Tabelle 10: Rechengrößen zur Bemessung der Stützenfundamente

Anlagen

Anlage 1: Übersichtsplan, Maßstab ca. 1 : 1.000

Anlage 2: Lageplan mit Bohransatzpunkten, Maßstab ca. 1 : 200

Anlage 3: Geotechnische Schnitte

1. Sachstand

Durch das Hochwasserereignis im Juli 2021 wurde das Verwaltungsgebäude des Bauhofs in Kall so massiv beschädigt, dass eine Weiternutzung aus Sicherheitsgründen nicht mehr möglich war. Die Verwaltung wurde zwischenzeitlich provisorisch in Büro-Containern auf dem Bauhofgelände untergebracht.

Der Rückbau des Bestandsgebäudes soll vorgenommen werden und in einem ersten Entwurf ist geplant, an gleicher Stelle den Neubau der Verwaltung mit angebauter Werkhalle zu errichten. Neben dieser Hauptbaumaßnahme sind zusätzlich weitere kleinere Baumaßnahmen auf dem Bauhofgelände geplant, wie die Erweiterung der bestehenden Fahrzeughalle, eine Verlegung/Neuerrichtung der Salz-Silos und die Sanierung der Verkehrsflächen.

Für die geplanten Neubaumaßnahmen sind Bodenuntersuchungen unter baugrundtechnischen und umwelthygienischen Aspekten notwendig, mit deren Durchführung des Wittler Ingenieurbüro beauftragt wurde. Die Untersuchungen sollen einen orientierenden Überblick über die Untergrundverhältnisse auf dem gesamten Bauhofgelände liefern. Verdichtend wurden Untersuchungen in den Baufeldern des geplanten neuen Verwaltungsgebäudes, der Werkhalle sowie der o.g. zusätzlichen Baumaßnahmen durchgeführt.

Die Ergebnisse der orientierenden Baugrunduntersuchungen werden im vorliegenden Gutachten dokumentiert und hinsichtlich der geplanten Neubebauung tiefbau- und gründungstechnisch bewertet. Die umwelthygienische Bewertung des Schadstoffinventars im Untergrund sowie die abfalltechnischen Einstufung der potenziellen Aushubböden wird in einem separaten Gutachten erfasst.

Folgender Leistungsumfang wurde im Rahmen der Beauftragung erbracht:

- Abteufen von 16 Kleinrammbohrungen (KRB 1 bis KRB 15, KRB 8a) mit einem Durchmesser von 60 mm – 40 mm bis in eine maximale Teufe von 8,8 m unter Gelände; die Geländearbeiten wurden vom 06.05.2024 bis 08.05.2024 durchgeführt
- Ansprache des geförderten Bohrgutes nach DIN 4022/4023 bzw. nach DIN EN ISO 22475-1 und nach organoleptischen Befunden
- Durchführen von 11 begleitenden Schweren Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 9, DPH 12 und DPH 13) bis in eine Teufe von maximal 10 m unter GOK zur Ermittlung der Lagerungsdichten bzw. der Konsistenzen der im Untergrund anstehenden Böden
- Entnahme von 82 Boden-, Feststoffproben in Kunststoffgefäßen bzw. gasdichten Glasgefäßen
- Einmaß der Bohrpunkte nach Lage und Höhe; mangels Höhenfestpunkt wurde ein örtliches System gebildet; als Festpunkt (FP) für das Nivellement wurde, nach Rücksprache mit dem Bauhofleiter, Herrn Kaudel, die Oberkante Fertigfußboden des hofseitigen Eingangs in das Verwaltungsgebäude genutzt und mit FP = 0.0 m festgesetzt.
- Erstellung des vorliegenden Gutachtens zur orientierenden Baugrunduntersuchung

Die geotechnischen Geländearbeiten und die Erstellung des Gutachtens sind in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Büro Sven Peters GmbH, Lindlar, erfolgt.

Auftraggeberseits wurden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Gestaltungsplan: Luftbild des Projektgrundstückes mit Eintrag der Bestandsbebauung und der geplanten Neubebauung (Entwurfsplanung), Maßstab 1 : 200; Stand 23.02.2024
- Grundriss des geplanten Neubaus, Maßstab 1 : 200; Stand 23.02.2024
- Geotechnischer Bericht zu den möglichen Ursachen nach der Überflutung entstandenen Bauschäden am Verwaltungsgebäude des Bauhofes; erstellt GfB Erft-Labor GmbH, Euskirchen, Januar 2022
- Schreiben der Bezirksregierung Düsseldorf bzgl. des Kampfmittelverdachts auf dem Baugrundstück (Luftbildauswertung Kampfmittelbeseitigungsdienst), 26.06.2016
- Tragwerksplanerische Stellungnahme zum Bauzustand des Verwaltungsgebäudes des Bauhofes, erstellt Konstruktionsgruppe für Bauwesen, Köln, 10. Mai 2024

Weiterhin wurden folgende Unterlagen eingesehen:

- Geologische Karte von Nordrhein Westfalen, 1 : 25.000, Blatt 5405 Mechernich
- Geologische Karte der Digitalen Datenbank Geoportal NRW im Maßstab 1 : 100.000
- Digitale Datenbank UVO (NRW Umweltdaten vor Ort) zur Recherche von Grundwasserständen und Überschwemmungsgefährdungen

2. Untersuchungsgelände

Die nachfolgenden Ausführungen dienen der Beschreibung der Bestandssituation und der Neuplanung.

2.1 Untersuchungsgrundstück

Das ca. 1,2 ha große Bauhofgelände liegt in einem Gewerbegebiet am Ostrand der Gemeinde Kall. Das Gelände wird entlang seiner nördlichen Grenze von der Daimlerstraße erschlossen. Die westliche Grenze markiert der Siemensring. Im Osten und Süden schließen sich weitere, teilweise bebaute Gewerbegrundstücke an.

Die östliche Grundstückshälfte wird fast komplett von einem Löschteich eingenommen; dieser Bereich wurde bei den Bodenuntersuchungen auftragsgemäß nicht untersucht und bleibt somit nachfolgend unberücksichtigt. Das eigentliche Bauhofgelände mit den verschiedenen bauhoftypischen Zweckbauten wird von der westlichen Hälfte des Grundstückes eingenommen.

Das Gelände des Bauhofs liegt auf einer ehemaligen Abraumhalde aus Bergematerial und Rückständen der Aufbereitung des Bleibergbaus. Mit den Materialien wurde im vorigen Jahrhundert das Urgelände, welches aus einer kleinen, sich nach Westen öffnenden Talung bestand, verfüllt und weitestgehend eingeebnet. Es steigt nun flach in Richtung Süden an und weist Höhen zwischen 418,5 mNHN und 421 mNHN auf. Lediglich in der südwestlichen Grundstücksecke ragt eine Anschüttung, ausgehend vom südlich angrenzenden Nachbargrundstück, in das Gelände hinein und bildet hier mit einer Geländehöhe von ca. 422,5 mNHN ein kleines, höher liegendes „Plateau“.

2.2 Gebäudebestand, Verkehrsflächen

Die alte Bebauung gehörte ehemals zu einem Hüttenstandort. Sie wurde z. T. zurückgebaut, umgenutzt oder durch Anbauten erweitert. Aktuell befinden sich folgende Gebäude auf dem Projektareal.

- ehemaliges Verwaltungsgebäude mit einem östlich gelegenen, neuen Anbau
- Werkhalle, Fahrzeughalle
- Gebäudekomplex aus mehreren Ziegelbauten für die verschiedenen Abteilungen des Bauhofes (Schreiner, Gärtner, Maler, Schlosser)

In der nordwestlichen Grundstücksecke, randlich der Geländezufahrt, wurde eine zuvor bestehende LKW-Waage mit dem dazugehörigen Waagenhaus rückgebaut. Dabei wurden Reste der Gründungselemente im Untergrund belassen.

Die verkehrsmäßige Erschließung des Bauhofs erfolgt über einen asphaltierten Hauptweg, der das Gelände von Nordwesten nach Südosten durchquert. Die sonstigen Hofflächen vor den Gebäuden sind teilweise asphaltiert, teilweise gepflastert oder mit einer ungebundenen Schottertragschicht befestigt. Die Verkehrsflächen weisen an mehreren Stellen Setzungsschäden in Form von Rissen, Versätze oder geöffnete Asphaltnähte auf. Die Schäden sind unmittelbar nach dem Überflutungsereignis im Juli 2021 aufgetreten.

Nachfolgend werden die Gebäude, soweit diese für die geplanten Baumaßnahmen relevant sind, kurz beschrieben. Für das außer Betrieb befindliche Verwaltungsgebäude wird später auf den Inhalt des Geotechnischen Gutachtens der Erft-Labor GmbH und der statischen Stellungnahme durch Konstruktionsgruppe für Bauwesen eingegangen.

Ehemaliges Verwaltungsgebäude mit angebauter Halle

Das ehemalige Verwaltungsgebäude liegt im nördlichen, zur Daimlerstraße exponierten Grundstücksbereich. Der Ziegelbau besitzt eine Grundfläche von ca. 30,5 m x 10,5 m. Die Gebäudeachse verläuft in Ost-West-Richtung. Der Abstand der Gebäudeaußenwand zum Gehweg der Daimlerstraße beträgt ca. 1 m an der nordwestlichen Gebäudeecke und ca. 2,8 m an der nordöstlichen Gebäudeecke. Das Gebäude besitzt 3 oberirdische Geschosse, Erd-, Ober- und Dachgeschoss, und ist größtenteils unterkellert. Lediglich im mittleren, nördlichen Gebäudetrakt fehlt die Unterkellerung. Das Kellergeschoss weist keinen durchgehend niveaugleichen Boden auf. Die westliche Hälfte bindet ca. 1,5 m in das Gelände ein, die östliche Hälfte ca. 2,5 m.

Die aufgehenden oberirdischen Wände bestehen aus Ziegelmauerwerk. Für die Außenmauern und die Fundamente des Kellergeschosses wurden teilweise Ziegel, teilweise Bruchsteine, teilweise Magerbeton verwendet. Vor der hofseitigen östlichen Außenfront des Verwaltungsgebäudes befindet sich ein Heizöltank im Untergrund, mit dessen Freilegung bereits begonnen wurde. Die Tank-Einbindung in das Gelände beträgt ca. 2,5 m. Dieser soll zeitnah entnommen werden.

An die östliche Giebelwand des ehemaligen Verwaltungsgebäudes ist eine ca. 8 m breite und 16 m lange, nicht unterkellerte Halle in Massivbauweise angebaut, die als Werkstatt bzw. Fahrzeughalle genutzt wird. Diese ist ebenerdig von der Hofseite aus befahrbar.

Gebäudeschäden

Das Verwaltungsgebäude weist massive Risse im Tragwerk und in der Außenfassade auf, die alle Stockwerke durchlaufen und eine Weiternutzung des Gebäudes aus Sicherheitsgründen verbieten. Die Schäden traten unmittelbar nach der Hochwasserkatastrophe im Juli 2021 auf.

Während des Hochwasserereignisses kam es zu einem Überlaufen des östlich gelegenen Löschwasserteiches und zu einer flächigen Überflutung von großen Bereichen des Bauhofgeländes. Gleichzeitig stieg der Grundwasserspiegel bis in oberflächennahe Bereiche.

Zur genaueren Ermittlung der Schadensursachen wurden durch die Erft-Labor GmbH geotechnische Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in einem Gutachten dokumentiert und bewertet. Der Inhalt des Gutachtens wird als bekannt vorausgesetzt. In dem Gutachten wurden folgende möglichen Gründe für die massiven, die Standsicherheit gefährdenden Bauschäden am Gebäude genannt:

- heterogene Zusammensetzung des aus Auffüllungen bestehenden Baugrundes und daraus resultierend unterschiedlich tragfähige Gründungsböden unter den Fundamenten
- Setzungen/Umlagerungen/Ausspülungen durch einen Anstieg und einem späteren Absinken des Grundwassers innerhalb der oft nur locker gelagerten, rolligen Auffüllungen; dabei führen die o.g. Inhomogenitäten innerhalb der Auffüllung auch zu unterschiedlich großen Setzungsbeträgen
- ungünstige Konstruktion des Tragwerks des Gebäudes, insbesondere unterschiedliche Gründungsniveaus der verschiedenen Gebäudeteile, Materialunterschiede der Fundamente

Weiterhin relevant für die Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der geplanten Neubebauung ist, dass lt. Stellungnahme der Konstruktionsgruppe für Bauwesen sich die aufgesetzten Rissplomben auch aktuell noch öffnen und schließen. Dies deutete darauf hin, dass „die durch das Hochwasser verursachten Setzungen (im Baugrund) noch nicht abgeschlossen sind“.

Gebäudekomplex aus mehreren Ziegelbauten

Am westlichen Rand des Bauhofes befindet sich ein aus mehreren Ziegelbauten zusammengesetzter Gebäudekomplex. Dieser besteht aus einem 2-geschossigen Gebäude, an dessen östliche Giebelseite eine dreizügige Halle mit den maximalen Außenmaßen von ca. 17,5 m x 27 m angebaut wurde. Letztere wurde/wird als Schreinerei, Technik- und Lagerhalle genutzt. Das aufgehende Tragwerk der Halle besteht aus gemauerten Stützen, denen Dachbinder aufliegen. Die Ausfachungen zwischen den Stützen wurden gemauert. Angaben zu Art und Tiefe der Gründung der gemauerten Stützen und der Ausfachung liegen nicht vor. An die östliche Außenwand dieser Halle wurde ein Holzschuppen angebaut, in dem Baustoffe, Bauschilder, Müll-Container, etc. abgestellt bzw. gelagert werden.

Fahrzeughalle

Die ca. 15 m breite und 25 m lange, Ost-West-gestreckte Fahrzeughalle liegt im südlichen Grundstücksbereich. Es handelt sich um eine Leichtbauhalle aus einer Stahlrahmenkonstruktion mit vorgehängter Wellblechfassade. Die genaue Gründungsart und -tiefe der aufgehenden Hallenkonstruktion ist nicht bekannt. Es ist davon auszugehen, dass diese herkömmlich flach mittels Einzel- und/oder Streifenfundamenten erfolgte. Der Hallenboden aus Beton wird dann üblicherweise

von der aufgehenden Konstruktion statisch entkoppelt und separat auf einer Schottertragschicht gegründet.

2.3 Planungen

Ein erster Planungsentwurf sieht folgende Baumaßnahmen für das Bauhofgelände vor:

- Neubau Verwaltungsgebäude mit angebauter Werkhalle (Hauptbaumaßnahme)
- Erweiterung der Fahrzeughalle
- Umsetzen/Neuaufstellung von zwei Streusalz-Silos
- Sanierung der Verkehrsflächen

Nachfolgend werden die geplanten Neubauten kurz beschrieben. Alle angegebenen Höhenkoten beziehen auf ein örtliches Höhensystem, das in Ermangelung eines Festpunktes mit bekannten NHN-Höhen, auf die Oberster Treppenstufe am hofseitigen Eingang des alten Verwaltungsgebäude eingemessen wurde (FP = 0.00 m). Einen Überblick der geplanten Baumaßnahmen gibt der Entwurfsplan im Anhang, in dem die Neubauten und Erweiterungen rot markiert.

Neubau Verwaltungsgebäude mit angebauter Werkhalle (Hauptbaumaßnahme)

Zunächst ist ein kompletter Rückbau der ober- und unterirdischen Bausubstanz des baufälligen Verwaltungsgebäudes samt angebauter Werkhalle vorgesehen. Anschließend soll auf einer Grundfläche von ca. 14,75 m x 22,6 m ein neues Verwaltungsgebäude in Massivbauweise errichtet werden. Die östliche Hälfte des Neubaus überbaut das Baufeld des dann rückgebauten alten Verwaltungstraktes. Die westliche Gebäudehälfte ragt über den alten Grundriss Abbruchgebäudes hinaus und überbaut hier eine Asphaltfläche, auf der aktuell Lagerboxen für Baustoffe aus Beton-Legosteinen aufgestellt sind. Das Gebäude erhält ein Erd- und ein Obergeschoss und wird nicht unterkellert.

An die östliche Giebelseite des Verwaltungstraktes soll auf einer Grundfläche von 20 m x 28 m eine neue Werkhalle angebaut werden. Diese liegt größtenteils in den Baufeldern der dann rückgebauten Bestandsgebäuden und des Erdöltanks. Die neue Halle soll ebenfalls in Massivbauweise errichtet werden. Die nördliche Außenwand des geplanten Verwaltungstraktes und des Hallenanbaus bilden eine gemeinsame Gebäudeflucht. Diese verläuft nach dem vorliegenden Entwurfsplan in einem Abstand von ca. 2 m parallel zur nördlichen Grundstücksgrenze des Bauhofgeländes und dem hier verlaufenden Bürgersteig der „Daimlerstraße“.

Planungs- und Gründungskoten

Genaue Planungs- und Gründungskoten liegen im jetzigen Entwurfsstadium noch nicht vor. Für eine erste Betrachtung wird die Oberkante Erdgeschossfußboden des Verwaltungstraktes ca. 20 cm (1 Stufe) oberhalb des Bestandsgelände mittig vor dem Gebäude angenommen. Die Oberkante des Hallenbodens wird vermutlich niveaugleich zum Fertigfußboden des Verwaltungstraktes hergestellt. Für die Erdgeschossbodenplatte wird eine übliche Dicke von 45 cm angenommen (Betonplatte + Beläge). Die Gründungskote ist als farbige Linie in den geotechnischen Schnitten im Anhang eingetragen. Die Baukoten sind bauseits zu prüfen.

- OK Bodenplatte Erdgeschoss -0,80 m zu FP
- UK Bodenplatte Erdgeschoss -1,25 m zu FP

Erweiterung der Fahrzeughalle

Die Fahrzeughalle soll durch einen Anbau an der östlichen Giebelseite um ca. 10 m verlängert werden. Der Hallenanbau ist – analog zur bestehenden Halle – in Leichtbauweise als Stahlrahmenkonstruktion geplant. Für die Außenwände ist ebenfalls eine Wellblechfassade vorgesehen. I.d.R. werden die Stahlstützen auf Streifenfundamenten oder Einzelfundamenten abgestellt, die unter den Längswänden frostsicher, hier 1 m tief in den Untergrund einbinden.

Es wird davon ausgegangen, dass der Hallenboden des Neubaus von der aufgehenden Konstruktion statisch entkoppelt, separat auf einer Schottertragschicht gegründet wird. Hallenboden und Tragschicht werden auf die zu künftige Beanspruchung – hier den Einzellasten durch Regalstützen und die Bauhof-Fahrzeuge (u.a. LKW) – bemessen.

Zusätzlich soll entlang der nördlichen Längswand und der östlichen Giebelwand der Dachüberstand der Halle vergrößert werden, um weitere geschützte Lagerflächen für Baustoffe, Werkzeuge, etc. zu erhalten. Die Lasten des vergrößerten Dachüberstandes sollen von mehreren Stützen aufgenommen werden, die über Einzel- oder Streifenfundamente gegründet werden. Die Art der Oberflächenbefestigung der neuen Lagerflächen steht noch nicht fest; sowohl eine Pflaster, als auch eine Asphaltdecke kommen in Frage.

Planungs- und Gründungskoten

Der Hallenanbau ist niveaugleich zur Bestandshalle geplant. Für frostsicher gegründete Einzel- und Streifenfundamente, sowohl für den Hallenanbau, als auch für die Dachstützen ergeben sich folgende Planungs- und Gründungskoten.

- OK Bodenplatte Hallenboden (Bestand + geplanter Anbau) +0,02 m zu FP
- UK Einzel- oder Streifenfundamente -0,98 m zu FP

Neuaufstellung von zwei Streusalzsilos

Aktuell stehen die beiden Streusalz-Silos im Osten des Bauhofgeländes, unmittelbar an der Uferböschung des oben beschriebenen Löschteiches. Laut vorliegendem Entwurfsplan sollen sie dort rückgebaut und im zentralen Bauhofgelände unmittelbar vor der östlichen Giebelseite der dreizügigen gemauerten Bestandshalle neu aufgestellt werden. Der hier vorhandene Holzunterstand soll rückgebaut werden.

Die Silo-Behälter sind auf einem Gerüst aus jeweils vier Stahlstützen aufgeständert. Die Stützen werden auf einem 4 m x 4 m x 1 m (L x B x H) großen Blockfundament abgestellt. Das Leergewicht eines Silos beträgt 7,5 t – komplett gefüllt weisen sie ein Gesamtgewicht von jeweils 57,5 t auf. Inklusive Eigengewicht des Fundamentes ergibt sich für das ein charakteristischer Sohldruck von $\sigma_{E,k} \approx 61 \text{ kN/m}^2$.

Planungs- und Gründungskoten

Genaue Gründungskoten stehen noch nicht fest. Es wird für eine erste Betrachtung davon ausgegangen, dass die Fundamentoberkanten niveaugleich zur bestehenden Pflasterfläche am Standort der Bohrung KRB 13 hergestellte werden.

- OK Fundament -0,72 m zu FP
- UK Einzelfundament -1,72 m zu FP

3. Geologie und Hydrologie

Regionalgeologisch betrachtet, liegt das Untersuchungsgebiet am südlichen Rand der Mechernicher Trias-Bucht, einer geologischen Großstruktur, die im Mesozoikum schollenartig in das umgebende Rheinische Schiefergebirge eingebrochen ist.

Laut den eingesehenen geologischen Karten wird der tiefere Untergrund im Bereich des Untersuchungsgrundstückes von den Gesteinen des mittlerer Buntsandsteins aufgebaut. Hierbei handelt es sich überwiegend um tonige Sandsteine und Konglomerate mit hohen Anteilen an Quarz- bzw. Quarzitzeröllen, in die regellos verteilt Ton- und Schluffsteine in unterschiedlichen Mächtigkeiten eingeschaltet sind. Fast überall werden die Festgesteine von Verwitterungsböden flächig überlagert (Verwitterungslehm/-schutt).

Die Gesteine des Buntsandsteins sind von Blei- und Eisenerzgängen durchzogen, die im Raum Kall seit Jahrhunderten bergmännisch abgebaut und aufbereitet/verhüttet wurden. Mit den Rückständen des Erzbergbaus (taubes Gestein/Bergematerial) und der Verhüttung (z.B. Flotationssande) wurde teilweise auch kleinere Senken und Talungen verfüllt. Laut geologischer Karte liegt das Untersuchungsgebiet auf einer solchen „künstlichen Auffüllung“. In den Erläuterungen zur Geologischen Karte wird darauf hingewiesen, dass die Verfüllungen meist heterogen zusammengesetzt sind und i.d.R. unverdichtet, d.h. nur lose geschüttet eingebaut wurden.

Die Auffüllungen, die Verwitterungsböden und das in den oberen Bereichen zersetzte mesozoische Festgestein weisen Lockergesteinseigenschaften auf und sind grundsätzlich als Porengrundwasserleiter einzustufen. Dabei besitzen jedoch die Verwitterungslehme und die bindigen Zersatzböden nur eine sehr geringe Durchlässigkeit und fungieren nicht als Aquifer im eigentlichen Sinne, sie wirken vielmehr als Wasserstauer. Auf diesen Böden staut sich mögliches Sickerwasser in die überlagernden Auffüllungen ein und bildet hier, zumindest periodisch, ein erstes oberflächennahes Grundwasserstockwerk. Weitere, permanente Grundwasserstockwerke sind innerhalb des Kluftsystems der mesozoischen und devonischen Festgesteine im tieferen Untergrund zu erwarten.

4. Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der geotechnischen Geländearbeiten und der Recherchen in den verschiedenen Portalen werden nachfolgend beschrieben.

4.1 Schichtung des Untergrundes

Zur orientierenden Erkundung des Untergrundes wurden insgesamt 16 Kleinrammbohrungen (KRB 1 bis KRB 15, KRB 8a) sowie 11 begleitende Schwere Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 9, DPH 12 und DPH 13) auf dem gesamten Bauhofgelände durchgeführt. Die Bohrung KRB 8 musste in geringer Tiefe wg. Bohrstillstand abgebrochen werden und wurde ca. um 1 m zum Standort KRB 8a umgesetzt.:

Die Verteilung der Untersuchungsstandorte orientiert weitestgehend an den geplanten Baufeldern der beschriebenen Baumaßnahmen:

- KRB 1 – KRB 4 Baufeld neues Verwaltungsgebäude inkl. angebauter Werkhalle
- KRB 5 – KRB 9, 8a Baufeld Fahrzeughalle
- KRB 10 – KRB 11 Freiflächen südwestlicher Bereich Bauhof
- KRB 12 – KRB 13 Baufeld Streusalzsilos
- KRB 14 Freifläche nördlich Fahrzeughalle
- KRB 15 Freifläche nördlich Schreinerei/Schlosserei

Auf dem Baugrundstück wurde ein maximal 4-schichtiger Aufbau des Untergrundes erkundet. Dieser besteht aus:

- Oberflächenversiegelungen
- Auffüllungen
- Verwitterungslehm/-schutt
- Mesozoischem Deckgebirge: Buntsandstein

In Abhängigkeit von der Lage der Untersuchungsstandorte sind nicht immer alle Schichtglieder am Aufbau der Einzelprofile beteiligt. Nachfolgend werden die angetroffenen Böden kurz beschrieben. Details zum Schichtaufbau sind den beiliegenden Bohrprofilen/Profilschnitten zu entnehmen.

Schicht 1: Oberflächenversiegelung

Nur 3 der 15 Untersuchungsstandorte wiesen eine Oberflächenversiegelung auf. An den Untersuchungsstandorten KRB 1 und KRB 15 wurde jeweils eine Asphaltdecke angetroffen. Die Dicke der Schwarzdecke betrug zwischen 13 cm und 14 cm. Der Standort KRB 14 war mit einer Pflasterdecke versiegelt.

Die übrigen Bohrungen wurden entweder randlich der Verkehrsflächen in den Grünflächen platziert oder in unversiegelten, mit einer Schottertragschicht befestigten Verkehrsflächen angesetzt. Letztere waren meist mit einer losen, nur wenige Zentimeter dicken Streuung aus Splitt oder Asphaltfräsgut bedeckt. In den Grünflächen wurden eine dünne Mutterbodenlage als oberste Schicht angetroffen.

Da im Handbefund für die Tragschichten eine klare Abgrenzung zu den im Liegenden folgenden Auffüllungen i.d.R. nicht möglich war, werden diese den Auffüllungen zugeschlagen und mit diesen beschrieben.

Schicht 2: flächige Auffüllungen

Erwartungsgemäß wurden auf dem Bauhofgelände, wie in der Geologischen Karte verzeichnet, an allen Untersuchungsstandorten aufgefüllte Böden erkundet. Der Auffüllungskörper ist dabei heterogen zusammengesetzt und erreicht Mächtigkeiten zwischen 4,0 m und 7,4 m.

Oberflächennah wurden dabei in erster Linie nicht bindige „rollige Böden“ angetroffen, die als Oberflächenbefestigung die Funktion einer ungebundenen Tragschicht übernehmen. Es handelt sich hierbei um nicht genormte Baustoffe: schluffig-sandige Kiese mit wechselnden, teilweise hohen Anteilen an Schlacke, Ziegel- und Betonbruch. Die Beimengungen – insbesondere die Schlacken – traten dabei oft in Stein-, seltener in Blockgröße auf. Die oberflächennahen Auffüllungen wurden verdichtet eingebaut. Die Schlagzahlen der Schwere Rammsondierungen belegen meist eine

„mitteldichte bis dichte“ Lagerung, die im Mittel bis in Tiefen von ca. 1 m unter Geländeoberkante aushält. Lediglich in der Bohrung KRB 1 wurde unterhalb der Asphaltdecke eine nur locker gelagerte Tragschicht erkundet.

Unterhalb der Oberflächenbefestigung weist der Auffüllungskörper dann eine deutlich heterogenere Zusammensetzung mit einem sehr breiten Kornspektrum auf. Es treten sowohl „rollige“, kies- oder sand-dominierte Lagen – als auch bindige Schluff- oder Ton-dominierte Einschaltungen auf.

Den Böden sind wechselnde, teilweise hohe Anteile an Schlacken, Bleierzen, Holz, Beton und Ziegelbruch beigemischt. Bei den Materialien handelt es um Bergematerial des Bleibergbaus sowie um Rückstände aus der Erzverhüttung, worauf neben den Schlacken, auch die angetroffenen reinen, kohäsionslosen Sandeinschaltungen hindeuten, die als Flotationssande interpretiert werden.

Die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Böden im Auffüllungskörper ist regellos; eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung war nicht erkennbar. Höhengleiche, lithologisch einheitliche Horizonte mit größerer lateraler Ausdehnung können aus den aufgenommenen Bohrprofilen nicht abgeleitet werden.

Die Konsistenzen der bindigen Auffüllungsböden wurden überwiegend mit „weich“ bzw. weich-steif“ bestimmt. Seltener finden sich bindige Lagen mit „breiiger“ oder „steifer“ Konsistenz. Die Lagerungsdichte der nicht bindigen „rolligen“ Auffüllungen reicht von „sehr locker gelagert“ bis „mitteldicht gelagert“. Dabei überwiegen deutlich die nur „locker gelagerten“ Abschnitte innerhalb des Auffüllungskörpers.

Schicht 3: Verwitterungsböden (Verwitterungslehm/Verwitterungsschutt)

Unterhalb der Auffüllungen wurden an 11 der 15 Untersuchungsstandorten Verwitterungsböden des in der Tiefe folgenden Buntsandsteins angetroffen. An den Standorten KRB 3, KRB 4, KRB 10 und KRB 11 fehlen die Verwitterungsböden, sie wurden hier vermutlich vor dem Einbringen der Auffüllungsböden entfernt.

Bei den Verwitterungsböden handelt es sich in erster Linie um Verwitterungslehme: Ton-Schluff-Gemische, denen Sand und Kies in unterschiedlichen Anteilen beigemischt sind. Die Kiese - Quarze oder Quarzite – sind gerundet und entstammen dem unterlagernden Buntsandsteinkonglomerat. Teilweise weisen die Lehme noch geringe Humusanteile auf. Vermutlich handelt es sich hier um Relikte eines alten Mutterbodens, welche die „alte Geländeoberkante“ vor dem Einbringen der Auffüllung markieren.

Die Verwitterungslehme weisen überwiegend „weich bis steife“ Konsistenzen auf, die i.d.R. mit hohen Wassergehalten korrelieren. Seltener wurden die Lehme in „steifer“, bzw. „steif-halbfester“ Konsistenz angetroffen.

Ein Verwitterungsschutt wurde nur in der Bohrung KRB 4 erbohrt. Dieser setzt sich aus einem sandig-schluffigen Kies in „locker-mitteldichter“ Lagerung zusammen. Dort, wo sie angetroffen wurden, schwankt die Mächtigkeit der Verwitterungsdecke zwischen ca. 0,4 m und ca. 2 m, im Mittel liegt die Schichtdicke bei ca. 1 m. Die Schichtunterkante wurde in Tiefen zwischen ca. 4,5 m und 8,0 m erkundet.

Schicht 4: Buntsandstein (Tonstein/Sandstein)

Das unterste erbohrte Schichtglied auf dem Untersuchungsgrundstück bildet der zersetzte bis entfestigte Buntsandstein des mesozoischen Deckgebirges. Wie beschrieben, zeichnet sich der Buntsandstein durch eine schnelle, oft regellose Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen aus.

Der Buntsandstein wurde an 13 der 15 Untersuchungsstandorte mit den Kleinrammbohrungen sicher aufgeschlossen. In der Bohrung KRB 4 konnte bei der erreichten Endteufe von 6,2 m das Grundgebirge in der Sonde nicht sicher angesprochen werden. Da aber bei der begleitenden Rammsondierung unmittelbar unterhalb der erreichten Endteufe ein sprunghafter Anstieg der Schlagzahlen auftrat, ist davon auszugehen, dass der Bohrstillstand die Oberkante des Buntsandstein-Deckgebirges markiert. Die Bohrung KRB 11 musste wegen Bohrstillstand innerhalb der Auffüllungen noch vor Erreichen des Buntsandstein-Deckgebirges abgebrochen werden.

Auf dem Untersuchungsgrundstück wurde der Buntsandstein überwiegend als sandig-schluffiger Tonstein, seltener als konglomeratischer Sandstein erbohrt. Aufgrund des hohen Verwitterungsgrades weisen die zersetzten Tonsteine die bodenmechanischen Eigenschaften eines bindigen Bodens in „steif-halbfester“ – mit zunehmender Tiefe in „halbfest-fester“ Konsistenz auf. Zersetzte bis entfestigte Bereiche des konglomeratischen Sandsteine besitzen Lockergesteinseigenschaften eines rolligen Bodens in mitteldichter Lagerung.

Meist mussten die Bohrungen in den bereits in den zersetzten Buntsandsteinhorizonten aufgrund von hohen Bohrwiderständen abgebrochen werden. Die Schweren Rammsondierungen konnten häufig tiefer geführt werden. Der oft erkennbaren sprungartigen Anstieg der Schlagzahlen, wie aus den Rammdiagrammen im Anhang zu entnehmen ist, dokumentiert vermutlich das Einsetzen eines geringer verwitterten Buntsandsteinhorizontes mit Festgesteinseigenschaften. Diese Einschätzung sollte, sofern für die gewählte Gründungsvariante relevant (z.B. bei einer Bohrpfahlgründung), durch tiefer geführte großkalibrige Bohrungen verifiziert werden.

Im südwestlichen Bereich des Bauhofgeländes wurde in den vier Bohrungen KRB 8, KRB 9, KRB 10 und KRB 13 Kohlenwasserstoff (KW)-Auffälligkeiten im Untergrund angetroffen. Die Auffälligkeiten lagen einheitlich im Bereich des aktuellen Wasserspiegels in Tiefen zwischen ca. 3 m und 5 m unter Geländeoberkante der jeweiligen Untersuchungsstandorte. Von den auffälligen Böden wurden Sonderproben entnommen und auf den Verdachtsparameter KW untersucht. Ob sich aus den gemessenen KW-Gehalten die Erfordernis zusätzlicher Untersuchungs- und/oder Sanierungsmaßnahmen ergeben, wird nach Eingang der Laborergebnisse in dem gesonderten umwelttechnischen Gutachten beurteilt.

Tabellarische Zusammenfassung der erkundeten Schichttiefen

In der nachfolgenden Tabelle sind die Bohrtiefen und die Schichtgrenzen der erkundeten Böden für alle Bohrpunkte, sowohl in Meter unter Gelände, als auch in Meter zu Festpunkt, angegeben. Die für die baugrundtechnische Beurteilung besonders relevanten Grenzen „Unterkante Auffüllung“ und „Oberkante Grundgebirge“ sind „Fett“ formatiert. Festpunkt für das Höheneinmaß ist die oberste Treppenstufe am hofseitigen Eingang des baufälligen Verwaltungsgebäudes. Diese wurde mit FP = 0.00 m festgelegt.

Tabelle 1: erbohrte Schichtgrenzen

Lage Bohrpunkt	Bohrung	GOK	Bohrtiefe		UK Auffüllung		UK Verwitterungs- lehm/-schutt		OK Buntsandstein	
		[m zu FP]	[m u. GOK]	[m zu FP]	[m u. GOK]	[m zu FP]	[m u. GOK]	[m zu FP]	[m u. GOK]	[m zu FP]
Baufeld Verwaltungsgebäude	KRB/ DPH 1	-1,49	7,5	8,99	4,3	-5,79	6,1	-7,59	6,1	-7,59
	KRB/ DPH 2	-0,77	7,6	-8,37	6,2	-6,97	7,1	-7,87	7,1	-7,87
	KRB/ DPH 3	-0,12	8,5	-8,62	7,4	-7,52	n.a.	n.a.	7,4	-7,52
	KRB/ DPH 4	-0,14	6,2	-6,34	4,8	-4,94	n.a.	n.a.	4,8	-4,94
Baufeld Fahrzeughalle	KRB/ DPH 5	-0,08	8,1	-8,18	5,3	-5,38	6,0	-6,08	6,0	-6,08
	KRB/ DPH 6	0,24	5,8	-5,56	4,5	-4,26	5,2	-4,96	5,2	-4,96
	KRB/ DPH 7	0,13	7,1	-6,97	4,6	-4,47	5,2	-5,07	5,2	-5,07
	KRB/ DPH 8a	0,17	7,0	-6,83	4,1	-3,93	4,5	-4,33	4,5	-4,33
	KRB/ DPH 9	0,14	7,0	-6,86	4,1	-3,96	5,5	-5,36	5,5	-5,36
südwestlicher Bereich Bauhof	KRB 10	1,66	6,0	-4,34	4,0	-2,34	n.a.	n.a.	4,0	-2,34
	KRB 11	0,32	1,6	-1,28	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
neuer Standort Salz-Silos	KRB/ DPH 12	-0,59	7,8	-8,39	5,8	-6,39	6,6	-7,19	6,6	-7,19
	KRB/ DPH 13	-0,72	8,8	-8,72	6,0	-6,72	8,0	-8,72	8,0	-8,72
Freifläche nördlich Fahrzeughalle	KRB 14	-0,24	8,0	-7,24	6,0	-6,24	6,5	-6,74	6,5	-6,74
Freifläche nördlich Schreinerei/ Schlosserei	KRB 15	-1,19	8,0	-9,19	6,5	-7,69	7,5	-8,69	7,5	-8,69

n.a.: nicht angetroffen, n.d.: nicht durchteuft

4.2 Untergrundwasser, Hydrogeologische Verhältnisse

Während der Geländearbeiten im Mai 2024 konnte nur in 5 Bohrlöchern ein freier Wasserspiegel mittels Lichtlot erpegelt werden. 9 weitere Bohrlöcher fielen nach dem Ziehen des Bohrgestänges oberhalb des Wasserspiegels zu, so dass Messungen nicht mehr möglich waren. Das in den Sonden geförderte nasse Bohrmaterial deutet an diesen Untersuchungsstandorten jedoch auf das Vorhandensein von Untergrundwasser hin. In der Bohrung KRB 11 wurde kein Untergrundwasser angetroffen, da die Bohrung oberhalb des Wasserspiegels wegen Bohrstillstand abgebrochen werden musste.

Die ermittelten Wasserstände sind in der folgenden Tabelle 2 sowohl in Meter unter Gelände, als auch in Meter zu Festpunkt (FP) aufgelistet. Es wird darauf hingewiesen, dass die anhand des nassen Bohrguts abgeschätzten Wasserstände in den zugefallenen Bohrlöcher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind.

Tabelle 2: Wasserstände während der Bohrkampagne

Bohrung	Wasserstand [m u. Gelände]	Wasserstand [m zu FP]
KRB1	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 6,10	-7,59
KRB 2	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 4,50	-5,27
KRB 3	Bohrloch zugefallen; nass ab ca. 4,00	-4,32
KRB 4	4,74	-4,88
KRB 5	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 3,20	-3,28
KRB 6	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 3,80	-3,56
KRB 7	2,22	-2,09 (vermutlich Schichten-/Stauwasser)
KRB 8a	2,75	-2,58
KRB 9	3,20	-3,06
KRB 10	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 2,90	-1,24
KRB 11	wg. Bohrstillstand abgebrochen	–
KRB 12	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 3,50	-4,09
KRB 13	3,50	-4,22
KRB 14	4,12	-4,36
KRB 15	Bohrloch zugefallen, nass ab ca. 4,50	-5,69

Die unmittelbar nach dem Bohrende ermittelten Wasserstände weisen eine weite Streuung auf, die wahrscheinlich (zumindest zum Teil) auf die schwankenden Durchlässigkeiten der Böden innerhalb der heterogenen Auffüllungen zurückzuführen sind. Zudem ist ein seitlicher Zufluss aus lokalen wasserführenden Schichten in die Bohrlöcher nicht auszuschließen, wodurch ebenfalls die gemessenen Wasserstände beeinflusst werden können.

Anhand der Daten lässt sich daher kein zusammenhängender Grundwasserspiegel mit eindeutiger Grundwasserfließrichtung ableiten. Für eine genauere Beurteilung der hydrogeologischen Verhältnisse, insbesondere des jahreszeitlichen Verlaufs der Grundwasserhöhen wären Langzeitmessungen an mehreren permanenten Grundwassermesspegeln erforderlich.

Auf Grundlage der aktuell vorhandenen Untersuchungsergebnisse lassen sich die hydrogeologischen Verhältnisse auf dem Untersuchungsgrundstück wie folgt beschreiben:

- Die Auffüllung ist in jedem Fall, zumindest periodisch, mit Untergrundwasser erfüllt. Zur Teufe ist die Auffüllung durch gering durchlässige Verwitterungslehme und zersetzte Tonsteine des Buntsandsteins abgedichtet, so dass sich Sickerwasser in den heterogen zusammengesetzten, nur lose geschütteten Auffüllungskörper einstaut und hier ein erstes oberflächennahes, lokales „Grundwasserstockwerk“ bildet. Vermutlich wird der „Grundwasserkörper“ zusätzlich durch nicht quantifizierbare, unterirdische Zuflüsse aus dem südlich angrenzenden, höher liegenden Gelände gespeist.
- Die Höhe des Grundwasserspiegels hängt in erster Linie von den Witterungsbedingungen ab. Nach längeren Regen- oder Tauperioden oder, wie im Juli 2021, nach Starkregenereignissen ist mit hohen, flurnahen Wasserständen zu rechnen. Nach längeren Trockenperioden sind jedoch auch deutlich niedrigere Wasserstände, ggf. ein Trockenfallen des „Aquifers“, zu erwarten. Genau vorhersagbar sind mögliche Höchst- und Niedrigwasserstände nicht.

In jedem Fall ist, wie im Gutachten des Erftlabors beschrieben, mit einem großen, witterungsabhängigen Schwankungsbereich der Wasserstände innerhalb des Auffüllungskörpers zu rechnen.

4.3 Tektonische Beanspruchung

Nach DIN EN 1998-1/NA (Fassung 2011-01), ehemals DIN 4149:2005-04 ist das Untersuchungsgrundstück wie folgt einzustufen:

- Erdbebenzone 1
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

4.4 Georisiko Bergbau

In der Digitalen Gefahrenkarte des Geologischen Dienstes NRW ist für das Auswertungsquadrat, in dem das Untersuchungsgrundstück liegt, oberflächennaher Bergbau mit verlassenen Tagesöffnungen belegt. Sofern nicht bereits durch vorherige Untersuchungen/Anfragen sicher ausgeschlossen werden kann, dass auf dem Untersuchungsgrundstück bergbauliche Tätigkeiten erfolgt ist, sollte u. U. eine Anfrage an die Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 8, Bergbau und Energie NRW, Goebenstraße 25 in 44135 Dortmund gestellt werden (Ansprechpartner: Herr Guido Baumann, Tel. 02931/82-3589; mail: guido.baumann@bra.nrw.de). Die Anfrage ist unter dem Betreff „Auskunft über die bergbaulichen Verhältnisse und Bergschadensgefährdung“ zu stellen. Mit einzureichen sind ein Lageplan mit gekennzeichnetem Grundstück und der Eigentumsnachweis des Eigentümers.

Für den Fall, dass das Baugrundstück von ehemaligen Bergbauaktivitäten tangiert wird, ist zusätzlich eine Expertise bei dem zuständigen Bergwerksbetreiber einzuholen, aus der eine Aussage enthalten ist, ob zusätzlich konstruktive Maßnahmen am Tragwerk des Neubaus erfolgen müssen, um Bauschäden zu vermeiden.

5. Beurteilung

Auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind folgende Beurteilungskriterien zu benennen.

5.1 Geotechnische Kategorie gemäß DIN 1054

Das Bauvorhaben wird aufgrund der „unkontrolliert geschütteten Auffüllungen“ im Untergrund in die Geotechnische Kategorie 3 eingestuft. Grundsätzlich sind die Einstufungen im Planungsprozess sowie während der Bauausführung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen und ggf. anzupassen.

5.2 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierungen

In den nachfolgenden Tabellen werden die bodenmechanischen Kennwerte und die Bodenklassifizierung der in den Bohrungen angetroffenen relevanten Bodenarten angegeben. Die Klassifizierung erfolgte auf Grundlage der Bodenansprache und Probenbeurteilung des gefördertten Bohrgutes sowie auf den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen. Die Bodenkennwerte für ein eventuell erforderliches Schotterpolster/ einen Bodenaustausch unter der Gründungselemente werden hier bereits mit aufgeführt.

Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte

Schicht	Horizont	γ [KN/m ³]	γ' [KN/m ³]	ϕ' [°]	c' [KN/m ²]	E_s (KN/m ²)
0	Schotterpolster, Brechkorn mitteldicht-dicht	19-21	11-12	35-37,5	0	60.000- 80.000
2	Auffüllung, bindig breiig-weich	17-19	7-9	22,5-25	0	1.000- 3.000
	Auffüllung, bindig weich-steif	18-20	9-10	25-27,5	0-5	3.000- 6.000
	Auffüllung sehr locker-locker	16-18	9-10	27,5-30	0	5.000- 15.000
	Auffüllung locker-mitteldicht	18-19	10-11	30-32,5	0	15.000- 40.000
	Auffüllung/Tragschicht mitteldicht-dicht	19-20	11-12	32,5-37,5	0	40.000- 80.000
3	Verwitterungslehm weich-steif	18-20	9-10	22,5-27,5	0-5	3.000- 6.000
	Verwitterungslehm steif-halbfest	19-20	9-10	22,5-27,5	5-15	6.000- 12.000
	Verwitterungsschutt locker-mitteldicht	18-19	10-11	30-35	0	15.000- 30.000
4	Buntsandstein: Tonstein; zersetzt steif-halbfest	19-20	9-10	25-27,5	5-15	10.000- 20.000
	Buntsandstein Tonstein; zersetzt halbfest-fest	20-21	10-11	27,5-30	15-30	20.000- 30.000
	Buntsandstein Sandstein, zersetzt Tonstein/Sandstein, entfestigt mitteldicht-dicht	19-21	10-11	35-37,5	0	40.000- 80.000
	Buntsandstein verwittert (aufgewittert-angewittert)	21-22	11-12	40		80.000- 120.000

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens

ϕ' = Reibungswinkel des drainierten Bodens, bzw. Ersatzreibungswinkel inklusive Kohäsionsanteil

c' = Kohäsion des drainierten Bodens

γ' = Wichte des Bodens unter Auftrieb

E_s = Steifeiziffer

Tabelle 4: Bodenklassifizierung

Schicht	Horizont	Bodenklassifizierung nach		Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE StB	Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-Stb	Bemerkung
		DIN 18196	DIN 18300 (alt)			
2	Auffüllung nicht bindig (rollig)	[SW], [GW]; [GI]; [SW]; [SI]; [SE], [SU]; [GU]	3, (5)	F1-F2	V1-V2	
	Auffüllung bindig	[UL], [UM], [TL], [TM] [GU*], [SU*]	4, 2 ¹⁾ ; (5)	F3	V3	Bei Durchnässung und/oder mechanischer Beanspruchung Übergang in Bodenklasse 2: fließende Bodenarten möglich
3	Verwitterungslehm	UL, UM; TL; TM	4; 2 ¹⁾	F3	V3	
	Verwitterungsschutt	GW	3, (5)	F1	V1	
4	Buntsandstein Tonstein, zersetzt	TU; TL	4	F3	V3	
	Buntsandstein Sandstein; zersetzt-Tonstein; entfestigt	SW, ST, SU GW	3 (5)	F1	V1	
	Buntsandstein, aufgewittert-angewittert (Festgestein)	–	6, 7 ²⁾	–	–	

1) Bodenklasse bei Durchnässung und/oder bei mechanische Beanspruchung

(5) bei Steinanteilen > 30% (Massenanteil)

7²⁾ unterhalb der erreichten Bohrendteufen u.U. schwer lösbarer Fels der Bodenklasse 7 zu erwarten

5.3 Homogenbereiche

Mit dem Erscheinen des Ergänzungsbandes zur VOB 2012 im September 2015 wurden die Boden- und Felsklassen (BK 1-7) in den relevanten ATV-Normen des VOB/C durch die Homogenbereiche ersetzt. Für die Ausschreibung von Bauleistungen sind daher Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen.

In einem Homogenbereich werden Böden bzw. Felsschichten zusammengefasst, die im Rahmen eines Gewerkes (z.B. für Erdarbeiten, Nassbaggerarbeiten, Bohrarbeiten, Rammarbeiten, etc.) für einsetzbare Baugeräte ähnliche Eigenschaften besitzen. Sind umweltrelevante Inhaltstoffe in den Böden enthalten, so sind diese bei der Einteilung in Homogenbereiche zu beachten. Jeder Homogenbereich eines Gewerkes ist, je nach Geotechnischer Kategorie (GK 1 bis GK 3) des Bauvorhabens,

durch verschiedene Bodenkennwerte zu charakterisieren. Hierbei ist der Zustand des Bodens vor dem Lösen maßgebend. Bei den angegebenen Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für geotechnische oder statische Berechnungen, sondern um mögliche Spannweiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit der relevanten Boden- und Felsschichten dienen.

Die Einteilung erfolgte auf Grundlage der empfohlenen Gründungsmaßnahmen. Es werden die Gewerke „Erdarbeiten“ (DIN 18300), Bohrarbeiten (DIN 18301) berücksichtigt. Dabei wird für die Festlegung der Homogenbereiche der Erdarbeiten davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger mindestens mittlerer Größe (> 15 t) durchgeführt wird und dass die Auffüllungen separiert und entsorgt werden.

Tabelle 5: Unterteilung der Böden in Homogenbereiche gemäß VOB 2016: Lockergesteine (inklusive stark verwitterter Buntsandstein mit Lockergesteinseigenschaften)

Ortsübliche Bezeichnung		Auffüllungen/ Tragschichten rollig	Auffüllungen bindig	Verwitterungs- lehm	Verwitterungs- schutt	Buntsandstein; zersetzt bindig Lockergesteins- eigenschaften	Buntsandstein; entfestigt rollig Lockergesteins- eigenschaften
Schichten		2		3		4	
Homogenbereich für Erdarbeiten DIN 18300		E1		(E2) müssen bei den empfohlen Gründungsvarianten nicht gelöst werden			
Homogenbereich für Bohrarbeiten DIN 18301		B1	B2		B3		
Bodenart nach DIN 18196		[GW], [GI], [GE] [SW], [SU], [GU]	[UL], [UM], TL TM [GU*], [SU*]	UL, UM, TL, TM	SW, SE; GW, SU	TL, TM	SW, ST, SU GW
Kornver- teilung	Ton [%]	0-15	20-80	15-80	0-5	50-90	0-15
	Schluff [%]	0-15	20-80	15-80	5-15	15-50	0-15
	Sand [%]	20-100	0-60	0-40	10-40	0-15	50-80
	Kies [%]	20-100	0-60	0-40	20-80	0-40	50-80
Anteil Steine/Blöcke [%]		< 50/ < 50	< 20/ < 10	< 5/ 0	< 30/ < 10	< 10/0	<10/<10
Dichte [kN/m³]		16 – 22	17-20	17 – 20	17-20	18-21	18-21
Kohäsion		–	0-10	0-20	–	5-30	–
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²]		–	< 10-200	20-300	–	60->600	–
Wassergehalt [Gew. %]		5 – 35	5-35	5-35	5 – 15	5-20	5-30
Konsistenzzahl		–	< 0,25-1,0 (breiig-steif)	0,5 - >1,0 (weich – halbfest)	–	75- >1 (steif-fest)	–
Plastizitätszahl		–	0-30	0-30	–	5-30	–
Lagerungsdichte I _d [%]		sehr locker-dicht 0-85	–	–	locker-mitteldicht 15-65	–	mitteldicht-dicht 35-85
Organischer Anteil		0-2 %	0 bis 10 %	0 % -10 %	0 %	0 %	0 %
Abrasivität		schwach abrasiv bis stark abrasiv	nicht abrasiv bis kaum abrasiv	nicht abrasiv bis kaum abrasiv	schwach abrasiv-abrasiv	kaum abrasiv bis schwach abrasiv	abrasiv-stark abrasiv
Abriebwert n. NF. P18-579		100-1.250	0-100	0-100	100-500	50-250	250-1250

Tabelle 6: Unterteilung der Böden in Homogenbereiche gemäß VOB 2016: Felsgestein

Ortsübliche Bezeichnung	Buntsandstein; Festgesteineigenschaften (unterhalb erreichter Bohrtiefe)
Schichten	
Homogenbereich für Erdarbeiten DIN 18300	(E3) müssen bei den empfohlen Gründungsvarianten nicht gelöst werden
Homogenbereich für Bohrarbeiten DIN 18301	B4
Benennung von Fels gemäß DIN EN ISO 14689-1	Sandstein, Schluffstein, Tonstein / sedimentär, geschichtet
Dichte [kN/m³]	19-22
Verwitterung/Veränderung/ Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	verwittert-angewittert veränderlich - stark veränderlich
Druckfestigkeit [MN/m²]	(ohne weitere Untersuchungen) ≤ 5
Trennflächenrichtung/ Trennflächenabstand/ Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	unbekannt
Abrasivität	abrasiv-stark abrasiv
Abriebwert n. NF. P18-579	250-1250

Die aufgeführten Spannweiten der Bodenkennwerte und Bodeneigenschaften beruhen auf der fachgutachterlichen Probenbeurteilung, den Angaben in der Fachliteratur sowie aus Erfahrungswerten vergleichbarer Bauvorhaben. Einige der abgefragten Eigenschaften wurden geschätzt. Genauere Angaben, z. B. zur Abrasivität, zum Anteil von Blöcken und Steinen, würden aufwendige geotechnische Laboruntersuchungen oder großformatige Baugrundaufschlüsse erfordern, die für eine orientierende Baugrunduntersuchung unverhältnismäßig wären. Die Untersuchungen sollten, falls erforderlich/gefordert, an dem Probenmaterial erfolgen, das im Zuge der empfohlenen verdichtenden Erkundung mittels großkalibriger Bohrungen in ausreichender Menge gefördert wird.

Wird im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung eine andere Gründungsvariante angestrebt, so ist die vorgenommene Unterteilung zu überprüfen und ggf. anzupassen. Gleiches gilt für den Fall, dass die umweltchemischen Untersuchungen eine Trennung der in einem Homogenbereich zusammengefassten Böden erforderlich machen.

6. Geotechnische Folgerungen, Empfehlungen, Hinweise

In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt zunächst die generelle Beurteilung des Baugrundes auf dem Gelände; im Anschluss folgen Angaben zu spezifischen Gründungsbedingungen sowie Gründungsempfehlungen.

6.1 Allgemeine Gründungsbedingungen

Die Baugrundbedingungen auf dem Bauhofgelände werden insgesamt als ungünstig beurteilt.

- Der Bauhof befindet sich komplett auf einer heterogen aufgebauten Abraumhalde aus Bergematerial und Rückständen der Erzverhüttung. Die größten Mächtigkeiten mit Auffüllungsstärken zwischen ca. 6 m und 7,4 m wurden im nördlichen zentralen Grundstücksbereich, und damit im Baufeld des neuen Verwaltungsgebäudes, erkundet. Richtung Süden, entsprechend dem Anstieg des Urgeländes nehmen die Auffüllungsmächtigkeiten ab, liegen aber immer noch bei ca. 4 m.
- Der Auffüllungskörper setzt sich, regellos verteilt, sowohl aus bindigen, als auch aus rolligen Böden zusammen. Mit Ausnahme der nachträglich aufgetragenen Tragschichten zur Oberflächenbefestigung, weisen diese Böden meist nur eine lockere Lagerung bzw. weiche Konsistenz auf. Dies deutet darauf hin, dass die Auffüllung weitestgehend unverdichtet, vermutlich nur lose geschüttet eingebaut wurde. Der Haldenkörper ist daher als „Ganzes“ als sehr setzungswillig einzustufen. Zudem lässt sich aus dem heterogenen Aufbau des Auffüllungskörpers, insbesondere in Bereichen mit großen Auffüllungsmächtigkeiten, ein Potenzial für Setzungsunterschiede ableiten.
- Wie an den Gebäudeschäden nach der Hochwasserkatastrophe im Juli 2021 erkennbar, sind auf dem Baugrundstück durch den Anstieg des Wasserspiegels in die oberen Abschnitte des Auffüllungskörpers Setzungen/Sackungen durch einen Kohäsionsverlust bzw. Ausspülungen der locker gelagerten bzw. weichen Böden aufgetreten. Die sich weiterhin öffnenden Gipsmarken auf den Gebäuderissen deuten darauf hin, dass auf dem Bauhofgelände die grundwasserinduzierten Sackungen/Setzungen aktuell noch nicht komplett abgeklungen sind. Wann dies der Fall sein wird und in welchem Ausmaß die mögliche Restsetzungen auftreten, kann nicht sicher vorhergesagt werden.
- Es ist nicht sicher auszuschließen, dass bei einem zukünftigen extremen Hochwasserereignissen auch an anderer Stelle bauwerksschädigende Setzungen innerhalb des Auffüllungskörpers auftreten.
- Unterhalb des Auffüllungskörpers stellen auch die Verwitterungslehme und die zersetzten Tonsteine in steifer Konsistenz ebenfalls einen nur gering bis mäßig tragfähigen kompressiblen Baugrund dar.
- Erst der verwitterte Buntsandstein in mindestens halbfester bis fester Konsistenz stellt einen ausreichend gut tragfähigen Baugrund dar. Dieser steht erst in Tiefen zwischen ca. 4 m und 7,5 m unter Gelände an.

Fazit für die geplante Bebauung

Bei den angenommenen Planungskoten liegen bei einer herkömmlichen Flachgründung die Sohlfugen von Fundamenten und Bodenplatten der geplanten Bauwerke innerhalb des setzungswilligen Auffüllungskörpers. Neben den üblichen, nicht zu vermeidenden Setzungen durch die Bauwerkslasten sind hier zusätzliche Setzungen durch die oben beschriebenen Wasser induzierten Umlagerungsprozesse innerhalb der lose geschütteten Böden zukünftig nicht auszuschließen. Diese können dann in Summe, je nach Setzungsempfindlichkeit des Bauwerkes, gebäudeschädigend sein.

Für das in Massivbauweise geplante neue zweigeschossige **Verwaltungsgebäude** und für die **angebaute Werkhalle** in Massivbauweise sollte in jedem Fall von einer herkömmlichen Flachgründung abgesehen werden. Gleiches gilt für die beiden ca. 10 m hohen Streusalz-Silos, wegen der Gefahr möglicher Schiefstellungen.

Ein klassisches Durchgründen der teilweise wassererfüllten Auffüllungen und des Verwitterungslehms mittels Fundamenten oder Brunnen bis auf tragfähigen Boden ist aufgrund der Tiefenlage des tragfähigen Buntsandsteins bautechnisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll durchführbar. Gleiches gilt für einen Komplettaustausch der genannten gering tragfähigen, setzungswilligen Böden.

Aus gutachterlicher Sicht sind für eine bauwerksverträgliche Gründung der genannten Gebäude und Bauwerke bei den beschriebenen Randbedingungen Sondermaßnahmen des Spezialtiefbaus erforderlich. Dabei müssen die Maßnahmen möglichst erschütterungsfrei durchführbar sein, da ansonsten die Gefahr besteht, dass es durch die Erschütterungen zu Umlagerungen/Setzungen im Auffüllungskörper randlich der Baufelder kommen kann. Schäden in den Verkehrsflächen und den dort verlaufenden Abwasserkanälen sind dann nicht auszuschließen. Zusätzlich bestünde die Gefahr, dass der nahe Uferdamm des östlich angrenzenden Löschteiches, der ebenfalls auf der setzungsempfindlichen Abraumhalde liegt, beschädigt wird. Ramppfähle oder Rüttelstopfverdichtungen als Baugrundverbesserung fallen daher als mögliche Gründungsvarianten aus.

Für die Gründung des Verwaltungsgebäudes bieten sich somit aus fachgutachterlicher Sicht die folgenden, erschütterungsarmen Varianten des Spezialtiefbaus an:

- Bodenverbesserung durch CMC-Säulen
- Tiefgründung mittels Bohrpfählen in den gering verwitterten Buntsandsteinen mit Festgesteinseigenschaften

Die Verfahren werden im nachfolgenden Kapitel kurz beschrieben. Es wird empfohlen, bereits im Entwurfsstadium des Projektes, die Expertise von Spezialtiefbauern hinzuzuziehen, um die generelle bautechnische Umsetzbarkeit der empfohlenen Gründungsvarianten final zu beurteilen und ggf. andere Varianten vorzuschlagen. Auch der Umfang eventuell erforderlicher zusätzlicher verdichtender geotechnischer Untersuchungen sollte in Absprache zwischen Spezialtiefbauer und Baugrundgutachter festgelegt werden.

Auch für die übrigen geplanten Bauwerke/Baumaßnahmen, die Erweiterung der Fahrzeughalle als leichte Stahlrahmenkonstruktion, die Stützen des geplanten verlängerten Dachüberstandes, stellen die oben genannten Verfahren des Spezialtiefbaus grundsätzlich ebenfalls die sicherste Variante zur Gewährleistung einer setzungsarmen, schadensfreien Gründung dar. Gutachterlicherseits werden

diese Bauwerke als setzungsunempfindliche Bauten eingestuft, so dass diese, auch in Anbetracht der nur geringen Bauwerkslasten, alternativ auf einem mit Geogittern bewehrten Gründungspolster herkömmlich flach gegründet werden können.

6.2 Gründung neues Verwaltungsgebäude mit angebauter Werkhalle

6.2.1 Rückbau Bestandsgebäude

Es wird davon ausgegangen, dass, entsprechend der Planung, der vollständige ober- und unterirdische Rückbau des ehemaligen Verwaltungsgebäudes einschließlich des Öltanklagerraums vorgenommen wird.

Ob ggf. die gemauerten straßenseitigen Außenwände des Kellergeschosses erhalten bleiben können, um als Verbau für die durch den Rückbau entstandene Baugrube zu fungieren, kann erst nach Kenntnis der genauen Gebäudeposition zwischen den projektbeteiligten Fachplanern festgelegt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Mauern die Beanspruchung durch den einseitigen Erddruck statisch aufnehmen können. Dies ist durch den Tragwerksplaner im Vorfeld zu beurteilen. Ist dies nicht möglich, muss vor dem eigentlichen Rückbau eine Verbauwand zwischen Kelleraußenwand und der straßenseitiger Grundstücksgrenze angeordnet werden. Im Untergrund verbliebenen Reste der rückgebauten LKW-Waage sind ebenfalls, soweit sie im Baufeld des Neubaus liegen, auszubauen.

Die durch den Rückbau entstandenen Baugruben sind anschließend rückzuverfüllen. Für die Wiederverfüllung des Baugruben sind grundsätzlich nur nichtbindige rollige Böden zu verwenden, die gemäß ihrer bautechnischen Einstufung nach ZTV-A StB der Verdichtbarkeitsklasse V1 (gut verdichtbare Böden) zuzuordnen sind. Es wird empfohlen, genormte Rund- oder Brechkornmaterialien (z.B. Körnung 0/45 oder 0/56) zu verwenden. Diese besitzen aufgrund der genormten Körnungslinie eine gute und gleichmäßige Verdichtbarkeit.

6.2.2 Gründung mittels CMC-Säulen

Die CMC-Säulen – je nach Hersteller auch Nassmörtelsäulen oder Verdrängungsbetonsäulen (VBS) genannt – gehören zur Gruppe der Baugrund-Stabilisierungssäulen. Die Mörtelsäulen nehmen aufgrund ihrer hohen Steifigkeit eine Stellung zwischen einer klassischen Baugrundverbesserung (z.B. Rüttelstopfsäulen) und einer Pfahlgründung ein. Es handelt sich um ein Vollverdrängungsverfahren, bei dem kein oder nur sehr wenig Boden gefördert wird. Die Säulen mit üblichen Durchmessern zwischen 40 cm und 60 cm werden mit einem Bohrgerät mit hohem Drehmoment erschütterungsfrei in den Boden eingebracht. Die setzungsstarken, nicht tragfähigen Schichten werden bis zum Erreichen der tragfähigen Baugrundes – hier den mindestens halbfesten Tonsteine des Buntsandsteins – durchörtert und durch die seitliche Verdrängung gleichzeitig verdichtet.

Größere Bohrhindernisse, wie Fundamentreste, können mit dem Verfahren nicht durchörtert werden. Betonbodenplatten, die oft als Aussteifungselement für eine als Baugrubenverbau genutzte Kellerwand des rückzubauenden Bestandsgebäudes im Boden belassen werden, müssen an den Säulenpunkten aufgestemmt/geöffnet werden. Beim Abteufen der Bohrung werden die Parameter, wie Drehmoment, Auflast, etc. aufgezeichnet; so wird der tragfähige Abstellhorizont sicher detektiert. Auf

lokale Schwankungen im Untergrundaufbau und in der Tragfähigkeit kann so direkt reagiert und die Abstelltiefen/Säulenlängen angepasst werden, wodurch kritische bauwerksschädigende Setzungen/ Setzungsunterschiede vermieden werden. Nach dem Erreichen der Endteufe wird durch eine Betonpumpe mit Niederdruck ein sandbasierter Beton über eine Schleuse an der „Bohrerspitze“ in den Baugrund „injiziert“, so dass beim Ziehen des Bohrers eine durchgehende Mörtelsäule entsteht. Aus dem Einpressen resultiert eine optimale Verbindung und gemeinsame Tragwirkung von CMC-Säule und umgebenden Boden.

Nach den aktuellen Bohrbefunden ist für das vorliegende Bauvorhaben mit Säulenlängen zwischen ca. 7 m und 9 m zu rechnen. Die Setzungen können bei den vorhandenen Böden erfahrungsgemäß auf $s \leq 2$ cm reduziert werden.

Grundsätzlich kann die Bodenverbesserung konzentriert unter Streifen- und Einzelfundamenten erfolgen. In der Regel werden die Säulen jedoch rasterförmig, mit üblichen Achsabständen zwischen 1,5 m und 2,5 m im Baufeld des Bauwerkes angeordnet. Auf den Säulenköpfen wird zur Aufnahme von H-Lasten (Erdbebenzone 1) ein Lastverteilungspolster aus einem genormten, gut verdichtbaren Rund- oder Brechkorngemisch (z.B. Körnung 0/45) eingebaut, auf dem die Bodenplatte elastisch gebettet gegründet wird. In Abhängigkeit von den Gebäudelasten liegen die Polsterstärken meist zwischen 0,5 m und 1,0 m. Das Polster sollte idealerweise so eingebaut werden, dass es gleichzeitig als tragfähige Arbeitsebene für die Spezialtiefbaugeräte genutzt werden kann.

Die genaue Dimensionierung der Gründung, wie die erforderlichen Säulendurchmesser, die Rasterabstände und die Stärke des Lastverteilungspolsters, erfolgt durch den bauausführenden Spezialtiefbauer nach Vorlage der endgültigen Planungen, des Lastenplanes sowie den Ergebnissen ggf. erforderlicher verdichtender Untersuchungen (Tiefenbohrung). Bei der Bemessung der Säulen ist in jedem Fall die negative Mantelreibung durch mögliche Setzungen innerhalb des lose geschütteten Auffüllungskörpers zu berücksichtigen.

Die Vorteile der Bodenverbesserung mittels CMC-Säulen sind wie folgt zusammenzufassen:

- erschütterungsfrei, geräuscharm
- Vollverdrängung, daher keine Entsorgungskosten fürs Bohrgut
- keine Wasserhaltung erforderlich
- hohe Ausführungssicherheit durch Qualitätskontrolle, durch Messtechnik beim Abteufen, variable Anpassung an unterschiedliche Untergrundbedingungen
- hohe Produktionsleistung, daher kurze Bauzeiten

6.2.3 Tiefgründung mittels Bohrpfählen

Bei Tiefgründung werden die Lasten durch Pfähle in dem gering verwitterten Festgestein des Buntsandsteins abgetragen. Als mögliche Pfahlvarianten werden nachfolgend ein Vollverdrängungsbohrpfahl gem. DIN EN 12699 (Typ Fundex) sowie ein klassischer Ortbetonpfahl (Großbohrpfahl) beschrieben.

Grundsätzlich existiert noch eine große Anzahl von weiteren Pfahlvarianten, die sich bei genauerer Kenntnis der Bauwerkslasten ggf. bautechnisch sinnvoller und/oder wirtschaftlicher herausstellen. Die Wahl der günstigsten Gründungsvariante sollte dann zwischen den am Bau beteiligten Personen (Bauherr, Architekt, Tragwerksplaner, Spezialtiefbauer und Baugrundgutachter) abgestimmt werden.

Fundexpfahl

Die Fundexpfähle zeichnen sich, neben der geforderten Erschütterungsfreiheit, aufgrund ihrer schnellen Herstellung durch eine hohe Wirtschaftlichkeit aus (geringe Bauzeiten). Zudem wird (fast) kein Bodenmaterial gefördert, was die Entsorgungskosten minimiert.

Bei dieser Pfahlvariante wird ein Stahlrohr, an dem unten ein austauschbarer Schneidkopf befestigt ist, drehend in den Boden gedrückt. Durch den Schneidkopf wird der Boden seitlich verdrängt und verdichtet. Durch die messtechnische Aufnahme der Bohrparameter wie Drehmoment, Anpressdruck, etc. ist durch den Abgleich/die Kalibrierung mit den Bohrergebnissen der Baugrunduntersuchungen eine gute Anpassung der Pfahllängen an die wechselnden Bodenschichtungen.

Bohrhindernisse können mit dem Bohrverfahren nicht durchörtert werden. Sie müssen an den Pfahlstandorten geräumt bzw. geöffnet werden. Nach Erreichen der Solltiefe, hier bei Erreichen des Buntsandstein mit Festgesteinseigenschaften, wird ein Bewehrungskorb eingesetzt und mit Beton gefüllt. Rohr und Schneidkopf werden mit Rechts-Linksrotationen gezogen. Dabei löst sich die Fußspitze und der Schneidkopf formt den Pfahl. Nach Aushärtung des Betons kann der fertige Pfahl auf seine Sollhöhe gekappt und die Anschlussbewehrung kann freigelegt werden.

Es ist davon auszugehen, dass Pfahllängen von 8 m bis 10 m erforderlich sind. Je nach Pfahldurchmesser sind maximale Gebrauchslasten zwischen ca. 1.000 kN und 1.500 kN realisierbar. Die genaue Dimensionierung der Pfähle erfolgt auch hier durch den bauausführenden Spezialtiefbauer nach Vorlage der endgültigen Planungen und des Lastenplanes.

Ortbetonbohrpfähle

Die klassischen, verrohrt hergestellten Ortbetonbohrpfähle (Großbohrpfähle) zeichnen sich in erster Linie durch hohe Tragfähigkeiten aus, wodurch die Anzahl der erforderlichen Pfähle, im Vergleich mit den Fundexpfählen oder den CMC-Säulen, deutlich geringer ausfällt.

In der Regel sind die CMC-Säulen und die Fundexpfähle zwar kostengünstiger in der Herstellung, bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit ist jedoch die Forderung der Kampfmittelfreiheit des Baugrundes zu berücksichtigen. Diese ist vorab bei der zuständigen Behörde abzufragen. Sollte eine Kampfmitteldetektion der einzelnen Säulen-/Pfahlstandorte vorgeschrieben werden, kann u.U. die Tiefgründungsvariante mittels klassischem Ortbetonpfählen kostengünstiger sein. Aufgrund der hohen Tragfähigkeit wird hier eine geringere Anzahl von Pfählen und dementsprechend eine geringere Anzahl von Bohrungen für die Kampfmitteldetektion benötigt.

Bei dem vorliegenden Bauvorhaben müssen aufgrund der nicht standfesten, zu durchörternden Auffüllungen die Bohrpfähle verrohrt hergestellt werden. Die Verrohrung wird vorausseilend in den Untergrund gedreht. Die Bohrgutförderung erfolgt im Schutz der Verrohrung durch Bohrwerkzeuge, die drehend am Bohrgestänge bis in den gering verwitterten Buntsandstein geführt werden. Bei

Aufsatz des entsprechenden Bohrwerkszeuges können mit dem Bohrverfahren auch Bohrhindernisse durchörtert werden. Die Pfähle binden in den Grundwasserspiegel ein. Um einen hydraulischen Grundbruch zu verhindern, müssen die Bohrungen unter Wasserüberdruck ausgeführt werden. Nach dem Einstellen des Bewehrungskorbes sind die Pfähle im Kontraktorverfahren zu betonieren.

Angaben zur Ortbetonbohrpfahlgründung

Für eine Ortbetonbohrpfahlgründung sind folgende Angaben zu berücksichtigen:

- Für die Bemessung und Ausführung der Pfähle sind die Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft EA-Pfähle sowie die Vorgaben der DIN EN 1536 zu beachten.
- Die Pfähle sind in dem gut tragfähigen, gering verwitterten Buntsandstein abzustellen.
- Der gering verwitterte Buntsandstein wurde mit den Kleinrammbohrungen systembedingt nicht aufgeschlossen. Das Einsetzen des gering verwitterten Festgesteins wird nach fachgutachterlicher Einschätzung, wie erwähnt, durch den sprunghaften Anstieg der Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen auf > 50 Schläge markiert. Diese Einschätzung sollte durch großkalibrige Felskernbohrungen überprüft werden. An den Bohrkernen können dann die Festgesteinseigenschaften, wie Druckfestigkeit, mineralischer Zusammenhalt, Trennflächengefüge, beurteilt werden.
- Die nachfolgend angegebenen charakteristischen Pfahlwiderstände sind daher zum jetzigen Zeitpunkt nur zu Vorbemessung der erforderlichen Pfahllängen anzusetzen und bedürfen der Überprüfung durch die genannten weiteren Untersuchungen. Es wurden jeweils die unteren Werte der in den Tabellen der EA-Pfähle angegebenen Spannweiten angesetzt.
- Für die gering verwitterten Buntsandstein wird eine einaxiale Druckfestigkeit von $q_{u,k} = 20 \text{ MN/m}^2$ angenommen.
- Gemäß den Empfehlungen des Arbeitskreises EA-Pfähle sind die Pfähle mindestens 0,5 m in das tragfähige Festgestein zu führen.
- Bei den angegebenen Pfahlwiderständen handelt es sich um Erfahrungswerte gem. EA-Pfähle. Eine i.d.R. wirtschaftlichere Bemessung der Pfähle werden durch Probelastungen erhalten, die im Vorfeld der eigentlichen Gründungsarbeiten an Probepfählen durchgeführt werden.
- Für Pfahlgruppen sind die Abminderungen gem. EA-Pfähle zu berücksichtigen.

Die nachfolgend angegebenen charakteristischen Rechengrößen wurden auf Grundlage der Bohrergebnisse aus den Tabellen 5.12 bis 5.16 der EA-Pfähle abgeleitet.

Tabelle 7: Rechenwerte zur Vorbemessung von Ortbetonbohrpfählen

Schicht Nr.	Baugrundmodell	Bruchwert des Pfahlsitzendruck ($q_{b,k}$) [kN/m ²] $s/D = 0,02$	Bruchwert der Pfahlmantelreibung ($q_{s,k}$) [kN/m ²]
2	Auffüllung überwiegend locker, weich	--	--
3	Verwitterungslehme überwiegend weich-steif	--	-
	Tonstein, zersetzt steif-halbfest	--	50
4	Buntsandstein Tonstein (Halbfestgestein) > 50 Schläge DPH	4.000	400

Abtrag von Horizontallasten

Horizontallasten können durch Schrägpfähle und/oder durch die seitliche Bettung der Pfähle, alternativ durch den Erdwiderstand vor Fundamenten und Bodenplatten, aufgenommen werden. Bei einem Abtrag der Horizontallasten über die seitliche Bettung der Pfähle kann der charakteristische horizontale Bettungsmodul $k_{s,k}$ nach der folgenden Gleichung ermittelt werden: $k_{s,k} = E_{sk}/D$; (hierbei ist: E_{sk} mittlerer charakteristischer Steifemodul nach Tabelle 3 Bodenkenngrößen; D : Pfahldurchmesser).

6.2.4 Herstellen Lastverteilungspolsters/Arbeitsebene

Für die Durchführung der beschriebenen Gründungsvarianten muss das Baufeld des geplanten Verwaltungsgebäudes und der angebauten Werkhalle grundsätzlich für die schweren Gerätschaften des Spezialtiefbaus befahrbar sein. Hierfür muss die durch den Rückbau des Bestandskellers entstandene Baugrube setzungsarm mit gut verdichtbaren Materialien lagenweise verdichtet rückverfüllt werden, wie bereits erwähnt.

Der Baugrund unter den nicht unterkellerten, rückzubauenden Gebäudeabschnitten des Bestandes inkl. der angebauten Werkhallen ist nicht bekannt. Ob und in welcher Mächtigkeit hier eine Schottertragschicht als Arbeitsebene für die Bohrfahrzeuge eingebaut werden muss, kann erst nach dem Gebäuderückbau beurteilt werden.

Für den Fall, dass die empfohlene Gründung mit CMC-Säulen umgesetzt werden soll, dient das Schotterpaket gleichzeitig als Lastverteilungspolster, das zwischen Unterkante Bodenplatte bzw. Fundament und Säulenkopf eingebaut werden muss. Die erforderliche Mindestmächtigkeit des

Polsters wird üblicherweise von der Spezialtiefbaufirma festgelegt. Vor der Herstellung der Bodenplatte müssen durch Baustellenverkehr, Bohrungen etc. entstandene Verunreinigungen mit bindigen Böden ggf. durch Abziehen entfernt werden. Daraus entstehende Fehlhöhen sind durch das Aufbringen einer „sauberen“ Schotterlage auszugleichen, die verdichtet eingebaut wird. Die Verdichtungsanforderungen auf der Gründungssohle (= Oberkante Bodenpolster) sind:
Dynamischer Lastplattendruckversuch: $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$.

6.3 Gründung Anbau Fahrzeughalle

Wie in der Beurteilung der Gründungsbedingungen dargelegt ist, sind auch im Baufeld des geplanten Anbaus zukünftige Setzungen durch Bodenumlagerungen innerhalb des meist nur lose geschütteten Auffüllungskörper nicht auszuschließen. Sicher ausschließen kann man daraus resultierende mögliche Setzungsschäden nur durch die für das Verwaltungsgebäude beschriebene Baugrundverbesserungen bzw. Pfahlgründungen.

Da es sich bei dem Stahlrahmenanbau in Leichtbauweise um eine setzungsunempfindliche Konstruktion handelt, und an der bestehenden, baugleichen Bestandshalle bei dem extremen Hochwasser im Juli 2021 keine Schäden aufgetreten sind, wird fachgutachterlicherseits die Umsetzung einer konventionellen, wirtschaftlicheren Flachgründung für vertretbar gehalten. Massive, die Gebrauchstauglichkeit einschränkende Bauschäden sind hier bei zukünftigen Hochwasserereignissen nicht wahrscheinlich.

Nachfolgend sind Angaben zu einer Gründung der aufgehenden Hallenkonstruktion mittels Streifen- und Einzelfundamenten enthalten. Der Hallenboden wird – statisch entkoppelt – separat auf einem Schotterpolster gegründet.

6.3.1 Fundamentgründung auf Schotterpolster

Bei der angenommenen frostsicheren Gründungskote von 0,98 m zu FP binden die Unterkanten der Streifenfundamente in die oberen Abschnitte des heterogen aufgebauten Auffüllungskörpers ein. Zwar wurden in den Bohrungen im Baufeld des Anbaus überwiegend rollige Böden, teilweise in lockerer, teilweise in mitteldichter Lagerung erbohrt, doch können in der heterogenen Auffüllung auch bindige gering tragfähige Einschaltungen in gründungsrelevanter Tiefe nicht ausgeschlossen werden.

Es wird daher empfohlen unter den Fundamentsohlen ein Schotterpolster/Gründungspolster als Bodenverbesserungsmaßnahme zur Reduzierung und Vereinheitlichung der Setzungen einzubauen. Die erforderliche Mindestdicke Polsters beträgt 50 cm.

Für die Herstellung der Gründungssohle sind folgende Punkte zu einzuhalten:

- Für die Fundamente unter den Außenwänden ist grundsätzlich auf die Frostsicherheit von 1 m unter zukünftigem Gelände zu achten.
- Der Boden in den Fundamentachsen ist bis auf eine Kote von 50 cm unter Fundamentunterkante auszukoffern.
- Aufgeweichte Bereiche in der Aushubsohle sind zusätzlich zu entfernen.
- Die Aushubsohle ist sorgfältig nachzuverdichten.

- Auf der Grabensohle ist ein Geotextil mit der Funktion „Trennen und Bewehren“ zu verlegen (z.B. TriAx 170-GD oder vergleichbare Produkte anderer Hersteller). Anschließend kann das Gründungspolster aus einem genormten Brechkorngemisch (z.B. Körnung 0/45) eingebaut werden. Beim Einbau ist ein Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten. Das Polster muss beidseitig jeweils 50 cm über die Fundamentbreite hinausragen. Die Fundamente müssen dann auf dem Polster aufgeschalt werden.
- Die Verdichtungsanforderungen auf der Gründungssohle (= Oberkante Schotterpolster) sind: Dynamischer Lastplattendruckversuch: $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$

Dimensionierung der Fundamente auf einem Schotterpolster

Bei Einhaltung der o.g. Angaben können für die Bemessung von Streifenfundamente mit Breiten von $0,5 \text{ m} \leq b \leq 1 \text{ m}$ und Einzelfundamenten mit Kantenlängen von $1,0 \text{ m} \leq b \leq 2,0 \text{ m}$ bei Seitenverhältnissen von $a/b \leq 1,5$ die folgenden Rechengrößen angenommen werden.

Tabelle 8: Rechengrößen für Dimensionierung der Fundamente auf einem Schotterpolster

	Norm	Kennwert
Bemessungswert des Sohlwiderstande	DIN 1054: 2010-12 (EC 7)	$\sigma_{R,d} \leq 280 \text{ kN/m}^2$
Aufnehmbarer Sohldruck	DIN 1054: 2005-1 (alt)	$\sigma_{zul.} \leq 200 \text{ kN/m}^2$
Setzungen Setzungsdifferenz		$s \leq 2 \text{ cm}$ $\Delta s \leq 1 \text{ cm}$

Bei ausmittigt belasteten Fundamenten ist die Bodenpressung für die Ersatzbreite b' gemäß DIN 1054 zu ermitteln. Die angegebenen Setzungen ergeben sich bei voller Ausnutzung des zulässigen charakteristischen Sohldruckes. Mögliche Eigensetzungen innerhalb des Auffüllungskörper wurden nicht berücksichtigt. Um ggf. vorhandene Schwächezonen schadensfrei zu überbrücken, sollten die Fundamente eine konstruktive Längsbewehrung erhalten.

6.3.2 Gründung Betonhallenboden

Die Betonböden von Fahrzeug-/Maschinenhallen werden i.d.R. von der aufgehenden Hallenkonstruktion statisch entkoppelt auf einer ungebundenen Tragschicht gegründet. Die Anforderung an den Unterbau der Bodenplatte hängt von deren späteren Belastung ab. Diese wurde im vorliegenden Fall noch nicht festgelegt.

Nachfolgend wird für die Dimensionierung der Bodenplatte eine, für Werkstätten und Fahrzeughallen übliche maximale Einzellast von 60 kN (Rad- oder Regallasten) angesetzt. Sollte eine Auslegung der Bodenplatte für höhere Einzellasten vorgesehen sein, so sind fachgutachterlicherseits ergänzende Angaben zur Dimensionierung der Tragschichten anzugeben.

Nach Lohmeyer/Ebeling „Betonböden“ sind für Einzellasten von 60 kN die folgenden Anforderungen an die Tragfähigkeit der Tragschichten und des Untergrundes einzuhalten.

Tabelle 9: Baugrundanforderung unter Betonbodenplatten

Einzellasten [kN]	Mindestdicke Tragschicht [cm]	Verformungsmodul	
		Untergrund/Erdplanum [MN/m ²]	OK Tragschicht = Gründungssohle [MN/m ²]
60	25 cm Schottertragschicht (mit $U > 7$)	$E_{v2} \geq 45$; $E_{v2}/E_{v1} \leq 3,0$	$E_{v2} \geq 100$; $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$

Anmerkung: Mit der in der Tabelle angegebenen Tragschichtstärke von 25 cm lassen sich erfahrungsgemäß nur bei optimalen Randbedingungen (Witterung; Materialzusammensetzung etc.) die geforderten Verformungsmodule von $E_{v2} > 100 \text{ kN/m}^2$ erreichen. Die Baupraxis hat gezeigt, dass diese optimalen Bedingungen häufig nicht vorliegen. Es sollte daher mit einer größeren Tragschichtstärke von 30 - 40 cm kalkuliert werden. Die genaue Stärke kann erst im Zuge der Erdarbeiten mittels Lastplattendruckversuchen festgelegt werden.

Tragfähigkeit des Untergrundes/des Erdplanums

Der geforderte Verformungsmodul für den Untergrund von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ wird voraussichtlich in den teilweise heterogenen Auffüllungen auch nach einer Nachverdichtung des Erdplanums nicht durchgehend erreicht. Um die ausreichende Tragfähigkeit des Untergrundes herzustellen, wird dann ein zusätzlicher Bodenaustausch/eine Erhöhung der Tragschichtmächtigkeit erforderlich. Hierbei sind folgende Punkte zu beachten:

- Die erforderliche Mindestdicke des zusätzlichen Bodenaustauschs wird mit ca. 20 - 30 cm vorgeschätzt.
- Die vorgeschätzte erforderliche Gesamtdicke der Tragschicht beträgt somit zwischen 50 cm und 70 cm, wobei sich aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen auch höhere Austauschmächtigkeiten ergeben können.
- Die genaue Dimensionierung der Tragschichten kann erst während bzw. kurz vor Bauausführung durch Lastplattendruckversuche auf Versuchsfeldern festgelegt werden.
- Vor dem Einbau des Schotters ist der Aushubsohle ein Geogitter mit der Funktion „Trennen und Bewehren“ zu verlegen (z.B. Tensar TriAx 170-GD oder vergleichbare Produkte anderer Hersteller).
- Anschließend ist das Schotterpolster bis auf Höhe der Gründungssohle lagenweise verdichtet einzubauen.
- Als Tragschicht- und Bodenaustauschmaterial sind genormte frostsichere Brechkorngemische zu verwenden. Sie müssen bezüglich ihrer Kornverteilung und ihrer bodenmechanischen Eigenschaften den Anforderungen der ZTV SoB-StB entsprechen (z.B. Mineralgemisch 0/45) entsprechen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Gründungssohle (= OK Schottertragschicht) sind:
 Statischer Lastplattendruckversuch: **$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$**
 Dynamischer Lastplattendruckversuch: **$E_{vd} \geq 50 \text{ MN/m}^2$**

6.3.3 Gründung Dachstützen neuer Dachüberstand

Dachstützen werden üblicherweise über Einzel- oder Streifenfundamente gegründet. Die zu erwartenden Stützenlasten sind nicht bekannt, wobei in der Regel ist mit geringen Lasten von $< 100 \text{ kN}$ zu rechnen ist.

Bei der Gründung der Fundamente sind folgende Punkte zu beachten:

- Zur Reduzierung und Vereinheitlichung der Setzungen wird unter den Stützenfundamenten der Einbau eines 50 cm dicken Schotterpolsters aus einem frostsicherem genormten Brechkorngemisch (0/45) empfohlen. Für das Schotterpolster ist ein Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten. Zusätzlich ist auf die Frostsicherheit von 1 m unter zukünftigem Gelände zu achten.
- Die Fundamente sind auf dem Schotterpolster aufzuschalen.
- Die Verdichtungsanforderungen an die Gründungssohle (= Oberkante Schotterpolster) sind: Dynamischer Lastplattendruckversuch: $E_{v,d} \geq 40 \text{ MN/m}^2$

Dimensionierung der Stützenfundamente

Bei Einhaltung der o.g. Angaben können für Einzelfundamente mit Kantenlängen von $0,8 \leq b \leq 1,5 \text{ m}$ und Streifenfundamenten mit Breiten zwischen $0,5 \leq b \leq 1,0 \text{ m}$ folgende Rechengrößen angesetzt werden.

Tabelle 10: Rechengrößen zur Bemessung der Stützenfundamente

	Norm	Kennwert
Bemessungswert des Sohlwiderstandes (Lastfall BS-P)	DIN 1054: 2010-12 (EC 7)	$\sigma_{R,d} \leq 200 \text{ kN/m}^2$
Aufnehmbarer Sohldruck	DIN 1054: 2005-1 (alt)	$\sigma_{zul} \leq 140 \text{ kN/m}^2$
Setzungen		$s \leq 1 \text{ cm}$

Bei ausmittig belasteten Fundamenten ist die Bodenpressung für die Ersatzbreite b' gemäß DIN 1054 zu ermitteln. Die angegebenen Setzungen ergeben sich bei voller Ausnutzung des zulässigen charakteristischen Sohldruckes. Eigensetzungen der Auffüllungen im Untergrund können nicht sicher abgeschätzt werden und werden bei den Setzungsberechnungen nicht berücksichtigt. Vielleicht besteht die Möglichkeit, die Dachstützen nachjustierbar auf den Fundamenten aufzusetzen, um so mögliche Setzungsunterschiede aus den beschriebenen Eigensetzungen auszugleichen.

6.4 Gründung Streusalz-Silos

Für die Streusalz-Silos sind die Gründungsbedingungen wie folgt zusammenzufassen:

- Bei der angenommenen, frostsicheren Geländeeinbindung von 1 m, liegen die Unterkanten der 4 m x 4 m großen Einzelfundamente der beiden Streusalz-Silos in dem unteren Horizontabschnitt der verdichteten Oberflächenbefestigung. Bereits wenige Dezimeter unterhalb folgen nach Bohrbefund die (sehr) locker gelagerten, teilweise wassererfüllten, mit groben Bauschutt durchsetzten Sande des lose geschütteten Auffüllungskörpers. Eingeschaltet in die Sande finden sich vereinzelt weiche, kompressible Schlufflagen. Die Auffüllungen halten bis in Tiefen von ca. 6 m unter Gelände aus. Sie werden aufgrund der Tiefenwirkung der Gründung in jedem Fall noch mit relevanten Lasten des beansprucht. Zwar sind die zu erwartenden Vertikallasten vergleichsweise gering, doch für die ca. 10 m hohen Silos ist mit hohen Winddruck-Momenten zu rechnen, aus denen dann hohe Kantenpressungen resultieren.
- Es ist zudem nicht auszuschließen, dass im Falle ansteigender Wasserstände nicht quantifizierbare Umlagerungssetzungen innerhalb der sehr locker gelagerten Böden auftreten, die sich bis in den Gründungsbereich der Stützenfundamente „übertragen“ und hier ggf. zu Schiefstellungen der Silos führen.
- Das östliche der beiden Streusalz-Silos wird unmittelbar vor der Giebelwand der gemauerten dreizügigen Halle platziert. Es besteht die Gefahr, dass bei den Gründungsarbeiten die Bestandsgründung der Giebelwand freigelegt wird. In diesem Fall werden hier Unterfangungsarbeiten an der Bestandsgründung erforderlich.

Die beschriebenen Gründungsbedingungen machen deutlich, dass zusätzliche Maßnahmen zur Schaffung einer standsicheren Gründung erforderlich werden. Es wird empfohlen, für die beiden Silos, wie beim neuen Verwaltungsgebäude, eine Gründung auf einem mit CMC-Säulen verbesserten Baugrund, oder alternativ eine Tiefengründung mittels den Bohrpfählen, die auf bzw. in den gering verwitterten Buntsandsteinschichten abgestellt werden, vorzunehmen. Die genannten Verfahren garantieren sicher eine setzungsarme dauerhaft bauwerksverträgliche Gründung. Mögliche Schiefstellungen werden sicher vermieden.

Da die Baustelleneinrichtung bei den genannten Verfahren des Spezialtiefbaus einen Großteil der Kosten ausmacht und die Spezialgeräte für die Gründung des Verwaltungstraktes ohnehin auf dem Gelände sind, relativiert sich der zusätzliche Kostenaufwand für die empfohlene Sondergründungsmaßnahme für die Silos. Zudem wird hierbei die Bestandsgründung des angrenzenden Gebäudes nicht tangiert, so dass aufwendige Unterfangungsarbeiten am Bestand nicht erforderlich werden.

6.5 Abdichtung erdberührten Bauteile gemäß DIN 18533

In der seit Juli 2017 gültige Abdichtungsnorm DIN 18533 wird bei der Festlegung der Wassereinwirkung nicht mehr zwischen der Entstehungsart und Dauer der Beanspruchung unterschieden. Es spielt keine Rolle, ob der Wasserdruck durch Grund- und Schichtenwasser, oder durch aufstauendes Sickerwasser ausgeübt wird. Berücksichtigt wird nur noch die Höhe des Wasserdrucks, der auf die erdberührten Bauteile einwirkt. Die Beanspruchungen für erdberührte Bauteile werden dann in die Einwirkungsklassen unterteilt.

Für die Einstufung in die Einwirkungsklassen gem. DIN 18533 sind bei dem vorliegenden Bauvorhaben folgende Randbedingungen zu beachten:

- Die geplanten Gebäude werden nicht unterkellert und binden damit durchgehend > 3 m in das Bestandsgelände ein.
- Für die in den Gründungs-/Aushubsohlen anstehenden Böden kann nicht durchgehend von einer Durchlässigkeit $K_f > 1 \times 10^{-4}$ m/s ausgegangen werden. Die Böden sind im Sinne der DIN 18533 als „wenig durchlässig“ (wasserstauend) einzustufen.

Abdichtung mit Drainage

Die Bemessung und Installation der Drainage müssen auf Grundlage der DIN 4095 „Dränung zum Schutz baulicher Anlagen – Planung, Bemessung und Ausführung“ erfolgen. Voraussetzung für den DIN-gerechte Installation einer Drainage ist das Vorhandensein einer geeigneten Vorflut für eine dauerhaft rückstaufreie Ableitung der Drainwässer.

Denkbar wäre eine Einleitung der Drainwässer in den Löschteich. Ob eine solche Einleitung genehmigungsfähig ist, ist bei der zuständigen Behörde anzufragen. Für den Fall, dass eine Einleitung in den Teich erlaubt wird, und eine Drainage installiert werden kann/soll, ist nach DIN 18533 die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E „Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung“ für die Dimensionierung der Abdichtungen anzusetzen.

Abdichtung ohne Drainage

Wie beschrieben, hängt die nach DIN 18533 anzusetzende Wassereinwirkung von der Höhe des Wasserdrucks ab, der auf die erdberührten Bauteile potenziell einwirken kann. Die Grenze zwischen „mäßiger“ und „hoher“ Beanspruchung wird bei 3 m Wassersäule gezogen.

Nach den vorliegenden Planungen ist für die geplanten Gebäude keine Unterkellerung vorgesehen. Ein Aufstauen von Grund-, Schichten- und Sickerwasser vor erdberührten Bauteilen mit Stauhöhen von ≥ 3 m ist somit auszuschließen. Daher ist nach DIN 18533 ohne Drainage die Wassereinwirkungsklasse W2.1E „mäßige Einwirkung von drückendem Wasser“ anzusetzen.

7. Sanierung Verkehrsflächen

Nach Angaben des Bauhofleiters, Herrn Kaudel, traten nach dem Hochwasserereignis auch erhebliche Schäden in den Verkehrsflächen, die auf die beschriebenen Setzungen/Ausspülungen des Untergrundes zurückzuführen sind. Daher ist geplant, die Verkehrsflächen nach dem Neubau des Verwaltungsgebäudes zu sanieren.

Im Bereich der Verkehrsflächen wurden vereinbarungsgemäß keine Sondierungen durchgeführt, so dass keine Angaben zur Mächtigkeit und zum Aufbau des bestehenden Straßenoberbaus gemacht werden können. Folgende Sanierungsvarianten sind möglich:

Gründung der Verkehrsflächen mittels aufgeständertem Gründungspolster

Sicher ausschließen lassen sich zukünftige Setzungsschäden der Verkehrsflächen nur, wenn auch der Straßenkörper in den tragfähigen Buntsandstein gegründet wird. Die setzungsstarken Auffüllungen werden durchgründet.

Technisch umgesetzt wird dies häufig durch ein sogenanntes „aufgeständertes Gründungspolster“. Hierbei handelt es sich um eine Verbundkonstruktion aus lastverteilenden, mit Geokunststoffen verstärkten Gründungspolstern, die über Pfähle oder Schottersäulen in den tragfähigen Untergrund abgetragen werden. Die genaue Bauausführung hängt von den auftretenden Verkehrslasten und den Untergrundbedingungen ab. Die Planung sollte von einem in dieser Ausführungsvariante erfahrenen Ingenieurbüro erfolgen. Da das Verfahren bautechnisch sehr aufwendig und damit kostenintensiv ist, wird davon ausgegangen, dass es sich beim vorliegenden Bauvorhaben wirtschaftlich nicht darstellen lässt.

Ertüchtigung des Oberbaus durch Geokunststoffe

Eine mögliche, weniger aufwendige, wirtschaftlichere Sanierungsvariante stellt eine Ertüchtigung des Oberbaus mit Geokunststoffen dar. Es wird darauf hingewiesen, dass – da die setzungsstarken, lose geschütteten Auffüllungen bei der Sanierungsvariante weiterhin im Untergrund verbleiben – spätere Setzungen nicht gänzlich auszuschließen sind, auch wenn die Wahrscheinlichkeit späterer Schäden verringert wird. Nachfolgend wird die Vorgehensweise für die Sanierungsvariante kurz beschrieben.

Dimensionierung des Straßenoberbaus

Die Verkehrsflächen werden in die Belastungsklasse BK3,2 gemäß RStO eingestuft; dies ist von planerischer Seite zu prüfen.

Für die Belastungsklasse Bk3,2 gemäß RStO 12 und die Variante „Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht“ beträgt bei den örtlichen Verhältnissen (Frosteinwirkungszone 2, F3 Boden, Grundwasser höher als 1,5 m u. Planum) die erforderliche Dicke des frostsicheren Straßenoberbaus 65 cm. Die geforderte Asphaltstärke ist mit 22 cm (10 cm Asphaltdecke, 12 cm Asphalttragschicht) angegeben. Daraus ergibt sich eine erforderliche Einbaustärke der Frostschutzschicht von 43 cm. Auf der Oberkante der Frostschutzschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Auf dem Erdplanum ist generell ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Nach den Bohrergebnissen ist zumindest bereichsweise auf Planumshöhe mit weichplastischen, bindigen Böden zu rechnen. Auf diesen Böden ist der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nicht zu erreichen. Hier wird ein Bodenaustausch gegen gut verdichtbare Böden erforderlich; es wird hierfür die Verwendung von genormten Brechkornmischungen (z.B. Körnung 0/45) empfohlen.

Bei der Bauausführung sind folgende Punkte zu beachten:

- Zunächst sind die Böden bis auf Höhe Erdplanum abzuschleifen. Ob es sich bei den bestehenden Tragschichten um ein genormtes Mineralgemisch gem. den Anforderungen der ZTV SoB-StB handelt, kann erst im Zuge der Erdarbeiten beurteilt werden. Ggf. können sie wieder eingebaut werden.
- Anschließend ist mittels Lastplattendruckversuchen zu prüfen, ob der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird. Ansonsten wird, wie erwähnt, ein zusätzlicher Bodenaustausch gegen gut verdichtbare Böden erforderlich.
- Auf dem Planum ist ein Geogitter mit der Funktion „Trennen und Bewehren“ zu verlegen (z. B. Tensar TriAx oder vergleichbare Produkte anderer Hersteller).
- Eine zweite Gitterlage mit der Funktion „Bewehren“ ist in die eigentliche Schottertragsschicht, ca. 20 cm unter Schotteroberkante, einzulegen. Genaue Angaben zur Dimensionierung des

Oberbaus und der erforderlichen physikalischen Eigenschaften erhält man bei den Herstellern der Geokunststoffe.

- Durch den Einbau der beiden Bewehrungslagen sollen die punktuell eingebrachten Lasten durch den Verkehr besser verteilt werden. Zusätzlich werden Schwächezonen im Unterbau durch die sog. Balkenwirkung zumindest bereichsweise überbrückt, so dass die Gefahr von Setzungsschäden deutlich minimiert werden.

8. Anlegen und Sichern von Baugruben

Frei geböschte Baugrubenwände

Für das Anlegen von bauzeitlichen Baugrubenböschungen gelten die Empfehlungen der DIN 4124 Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. Bei dem Bauvorhaben liegt die Sohle, der aus dem Rückbau des baufälligen Verwaltungsgebäudes resultierenden Baugrube innerhalb der heterogenen Auffüllungen. Gleiches gilt für die Fundamentgräben/-gruben zur Gründung der Erweiterung der Fahrzeughalle. Die in Tiefen von > 4 m anstehenden Böden werden von den Baugruben nicht erfasst.

Somit können in den heterogenen Auffüllungen Baugrubenböschungen ungesichert mit einem Böschungswinkel von 45° angelegt werden. Die freigeboachten Baugrubenwände sind mit Folien vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Kraftschlüssig verbaute Baugruben

Entlang der Daimlerstraße ist ein freies Abböschchen der aus dem Rückbau des Bestandskellers entstehenden Baugrube mit dem o. g. Böschungswinkel voraussichtlich nicht auf voller Länge möglich, da der Abstand der Kellerwand zur Straße nur zwischen ca. 1 m und 2 m beträgt. Bei zu erwartenden Baugrubentiefen zwischen 1,5 m und 2,5 m greifen normgerecht erstellte Böschungen, zumindest bereichsweise, in den Gehweg der Daimlerstraße ein.

Hier sollte im Zuge der Baugrubenplanung geprüft werden, ob nicht die gemauerte Kelleraußenwand des Bestandsgebäude bestehen bleiben kann, um als Stützbauwerk die Standsicherheit der Baugrubenwand zu gewährleisten. Voraussetzung ist zu einem, dass diese die Beanspruchung durch den Erddruck statisch aufnehmen kann, und zum anderen, dass die Gründungsarbeiten (Bohrarbeiten) für den Bau des neuen Verwaltungstraktes durch die verbleibenden Kellerwände nicht behindert/erschwert werden.

Ist dies nicht möglich, muss die Baugrubenwand dort, wo kein ausreichendes Platzangebot für ein freies Abböschchen vorhanden ist, kraftschlüssig verbaut werden. Hier stellt ein kraftschlüssiger Verbau durch eine Trägerbohlwand (Berliner Verbau) die wirtschaftlichste Verbauvariante dar.

Bei Erstellung der Trägerbohlwand sind folgende Punkte zu beachten:

- Um die geforderte erschütterungsfreie Erstellung des Verbaus sicherzustellen, sollten die Verbauträger in vorgebohrte Löcher eingestellt werden. Von einer Rammung der Träger sollte abgesehen werden.
- Hohlräume zwischen Träger und Bohrlochwand sind zu verdämmen/auszubetonieren. Ein nachträgliches Anvibrieren des Trägers zur Verdichtung der Fußverdämmung ist zu unterlassen.

- Beim Einbau der Bohlen zwischen den Trägern ist das Maß des Voraushubs an die Standfestigkeit der Böden anzupassen. Es ist unbedingt auf einen Kraftschluss mit dem Baugrund zu achten. Ausbrüche in den Baugrubenwänden sind dabei unverzüglich zu verdämmen.
- Die Zwischenräume zwischen Bohlen sind durch Folien, Holzwolle, o.ä. zu verschließen, um ein Ausfließen von Boden in die Baugrube sicher zu verhindern.
- Die Bemessung und Ausführung des Verbaus sollte nach den Maßgaben der EAB (Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben, aktuelle Fassung) erfolgen.
- Um die Horizontalverschiebungen des Verbaus zu minimieren, wird empfohlen, entlang der Straßenfront den erhöhten Erddruck $((E_a + E_0)/2)$ bei der Dimensionierung des Verbaus anzusetzen. Bei der statischen Bemessung der Baugrubenwand sind die Lasten durch den herkömmlichen Kfz-Verkehr und ggf. durch den Baustellenverkehr zu berücksichtigen.

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei dem Trägerbohlwandverbau grundsätzlich um einen „biegeweichen“ Verbau handelt. Insbesondere bei einer freien Einspannung der Bohlträger sind ab Verbauhöhen > 2,0 m Schäden (Risse, aufgehende Pflasterfugen) in den Oberflächenbefestigungen angrenzender Verkehrsflächen nicht gänzlich auszuschließen. Sollen diese sicher vermieden werden, sind andere verformungsarme Verbauten, wie z. B. eine Bohrpfehlwand zur Baugrubensicherung zu wählen.

9. Wasserhaltung

Die Geländearbeiten fanden nach einer längeren Regenperiode statt. Die gemessenen Wasserstände liegen wahrscheinlich eher im mittleren bis oberen Bereich der natürlichen Grundwasseramplitude. Legt die während der Bohrkampagne gemessenen Wasserstände zugrunde, werden die durch den Rückbau des baufälligen Verwaltungstraktes und die Gründung des Hallenanbaus entstehenden Baugruben nicht vom Grundwasser tangiert.

Ein Zufluss von Schicht- und Tagwasser ist in jedem Fall mit einer offenen Wasserhalten über gut ausgefilterte Pumpensümpfe beherrschbar, die am Innenrand der Baugruben installiert werden. Die Anzahl der Pumpensümpfe ist an den Wasserandrang anzupassen. Ggf. sind Drainagen in der Aushubsohle zu verlegen, die das Wasser den Pumpensümpfen zuleiten.

Eine Grundwasserbeeinflussung ist allenfalls bei Höchstwasserständen zu erwarten. Eine Auslegung der Wasserhaltung, ggf. mit aufwendigen geschlossenen Verfahren, für diese selten und nur kurzzeitig auftretenden Extremereignisse ist voraussichtlich nicht verhältnismäßig. In unwahrscheinlichen Fall sind die Baugruben zu fluten und die Arbeiten vorübergehend einzustellen.

10. Wiederverwertbarkeit der Aushubböden aus bodenmechanischer Sicht

Bei dem vorliegenden Bauvorhaben werden bei Umsetzung der empfohlenen Gründungsmaßnahmen ausschließlich aufgefüllte Böden gelöst. Die Auffüllung ist heterogen aufgebaut und setzt sich sowohl aus bindigen als auch aus rolligen Böden, teilweise mit hohen Bauschuttbeimengungen zusammen. Die bindigen Auffüllungen sind für einen Wiedereinbau nicht geeignet und müssen entsorgt werden.

Die rolligen Böden sind zwar aus bodenmechanischer Sicht grundsätzlich für eine Rückverfüllung von Baugruben und Gräben geeignet, eine Separierung der Materialien ist aus fachgutachterlicher Sicht unwirtschaftlich, sofern unter schadstoffspezifischen Kriterien ein Wiedereinbau überhaupt möglich ist.

Für qualitativ anspruchsvolle Verfüllungen von Arbeitsräumen, überbauten Gräben, etc. sind korngestufte, verdichtungsfähige Rund-/Breckkorngemische im Körnungsbereich 0/45 oder 0/56, bei lagenweiser Verdichtung, zu verwenden.

11. Kampfmittel

Gemäß dem Schreiben der Bezirksregierung Düsseldorf (Kampfmittelbeseitigungsdienst) wurde auf Grundlage einer Luftbilddauswertung das Vorhandensein von Kampfmitteln aus dem 2. Weltkrieg für das Bauhofgelände grundsätzlich nicht ausgeschlossen. Es wurde eine generelle Überprüfung des Geländes empfohlen. Sofern dies nicht bereits geschehen ist, sollte dieser Empfehlung in jedem Fall vor Baubeginn nachgekommen werden.

Neben dieser generellen Überprüfung wird von der Behörde eine detaillierte Überprüfung an den Bohrstandorten für Tiefgründungen bzw. Verbauten gefordert..

12. Weiterer Untersuchungsbedarf

Verdichtende Baugrunduntersuchungen

Wie erwähnt, konnte mit den durchgeführten Kleinrammbohrung der gering verwitterte Buntsandstein nicht aufgeschlossen werden. Die Tiefenangaben des Einsetzens dieser Schicht sind anhand des sprunghaften Anstiegs der Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen abgeschätzt. Diese Einschätzung sollte mittels großkalibrigen Fels(Kernbohrungen) überprüft werden, insbesondere wenn eine Bohrfahlgründung angedacht ist.

Betonaggressivität

In den heterogenen Auffüllungen mit anthropogenen Beimengungen ist für die hier zirkulierenden Wässer nicht auszuschließen, dass sie betonangreifend sind. Falls die Betonbauteile (Bohrpfähle, CMC-Säulen, Fundamente) nicht bereits auf die Expositionsklasse XA3 (sehr stark angreifend) ausgelegt sind, wird empfohlen, eine Grundwasserprobe auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030 zu untersuchen.

Die Probe kann ggf. im Zuge der empfohlenen großkalibrigen Kernbohrung entnommen werden. Andernfalls müsste auf dem Bauhofgelände eine weitere Kleinrammbohrung abgeteuft und zu einem provisorischen Pegel ausgebaut werden aus dem dann die Wasserprobe entnommen werden kann.

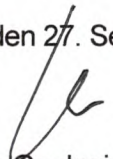
13. Schlussbemerkung

Das Gutachten dient dem orientierenden Überblick über die Baugrundbeschaffenheit auf dem Projektareal gemäß der vorliegenden Entwurfsplanung. Nach Vorliegen detaillierter Planungen sind die getroffenen Beurteilungen und Empfehlungen zu überprüfen und ggf. im Rahmen einer verdichtenden Untersuchung anzupassen.

Das orientierende Baugrundgutachten basiert auf den im Gelände ermittelten Befunden und ist nur in seiner Gesamtheit einschließlich der dazugehörigen Anlagen verbindlich. Es nimmt Bezug auf die Untersuchungsergebnisse, die verwendeten Unterlagen und den Kenntnisstand der Gutachter vom 27.09.2024.

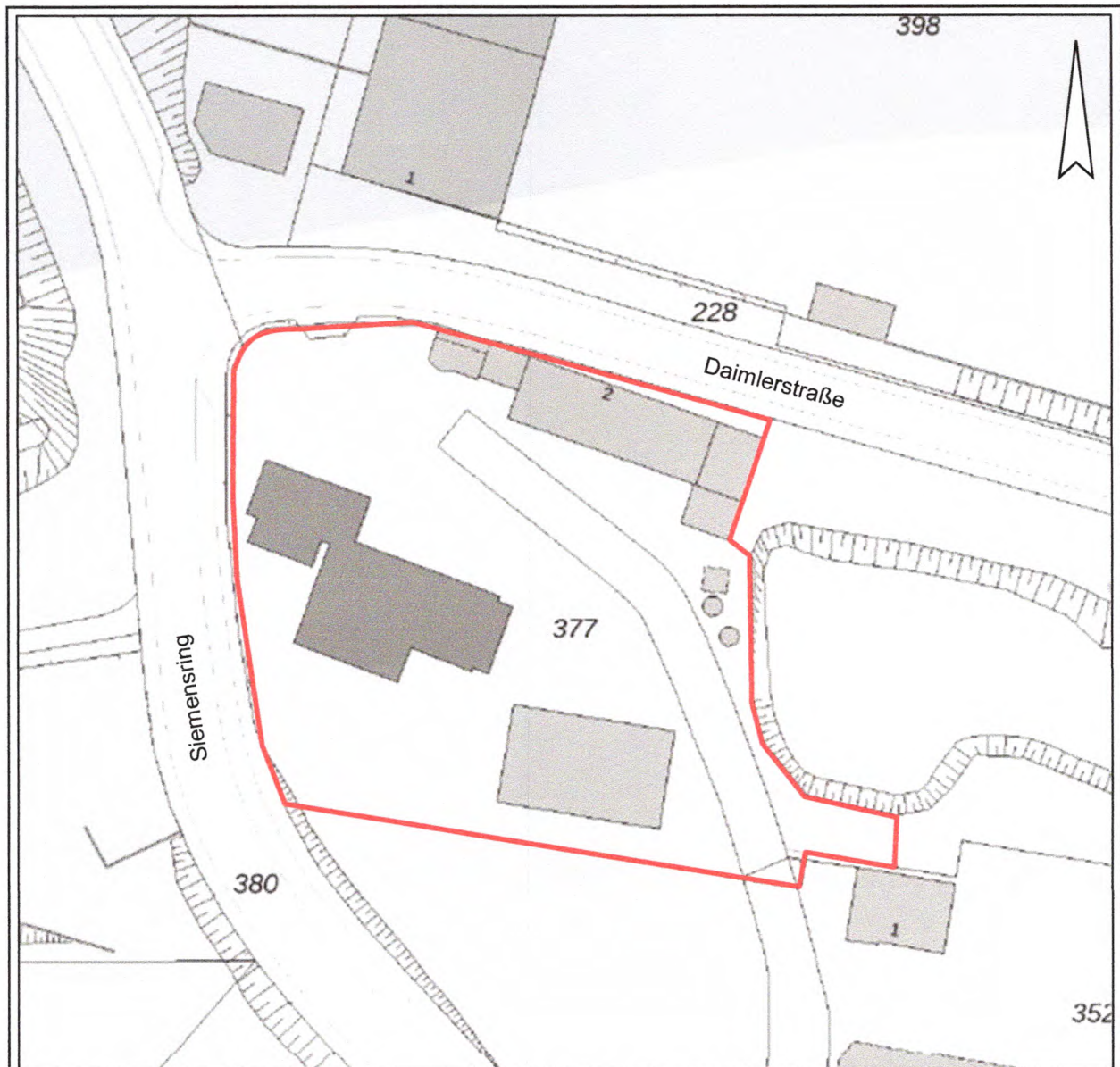
Es wird darauf hingewiesen, dass mit den Bohrungen und Probennahmen nur die jeweilige Bodenbeschaffenheit an den Untersuchungsstellen erfasst wird. Der Aufbau des Untergrundes zwischen den Bohrpunkten wurde interpoliert. Dies muss nicht mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Sondierungen können nicht ausgeschlossen werden.

Köln, den 27. September 2024


Diplom Geologin Beate Wittler VDI


Diplom Geologe Sven Peters

Anlage 1:
Übersichtsplan
Maßstab ca. 1 : 1.000



ORIENTIERENDE BAUGRUNDUNTERSUCHUNG NEUBAU BAUHOFF KALL, DAIMLER-
STRASSE 2, 53925 KALL

Auftraggeber
Gemeindeverwaltung Kall
Bahnhofstraße 9, 53925 Kall

Auftragnehmer
Wittler Ingenieurbüro Geologie und Umwelt
Hauptstraße 14, 50859 Köln

Zeichnung
Übersichtsplan

Maßstab 1 : 1.000

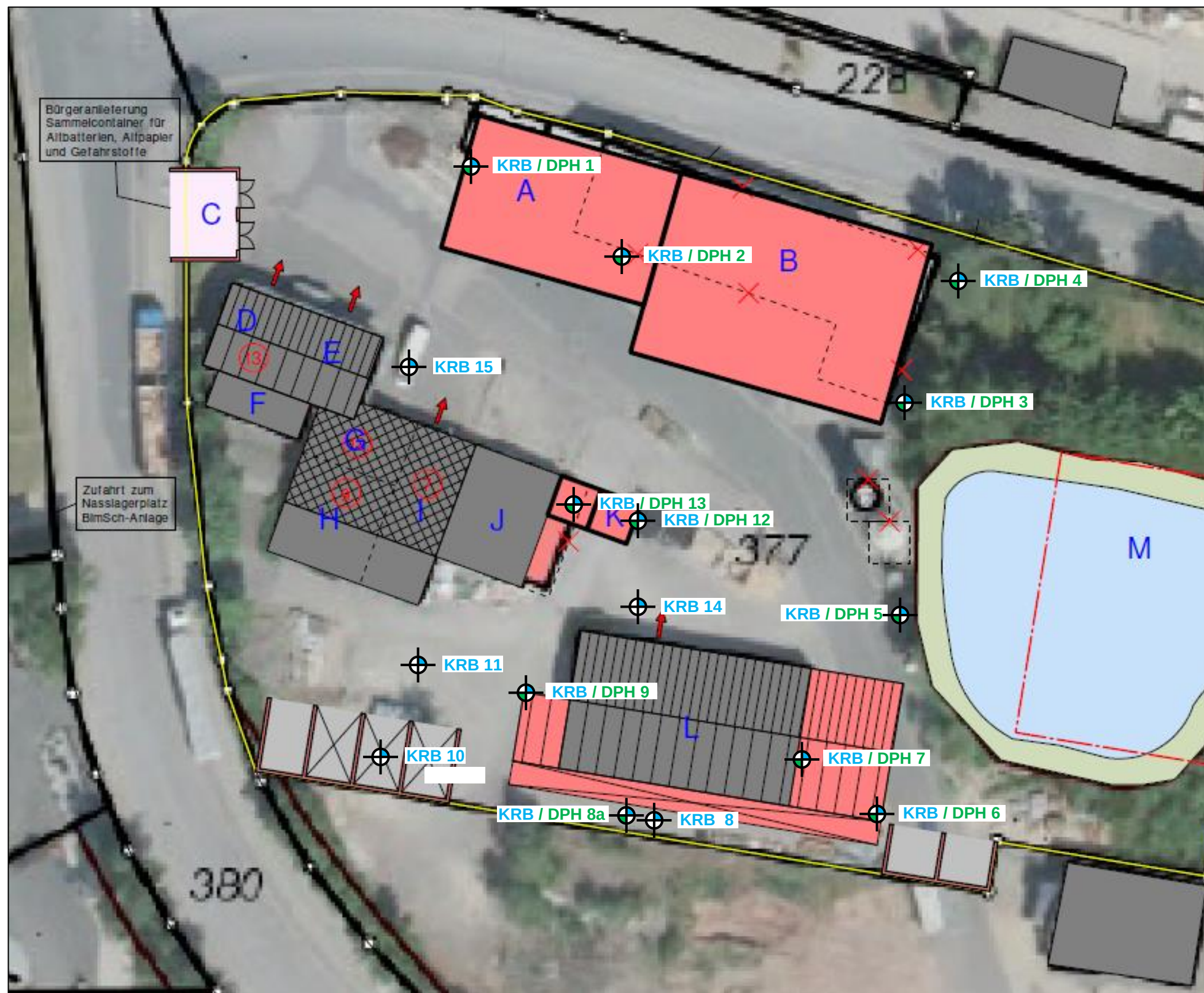
Datum 03.09.2024

gez. Kr

Projekt 241951

Anlage 2:

Lageplan mit Bohransatzpunkten
Maßstab ca. 1 : 200



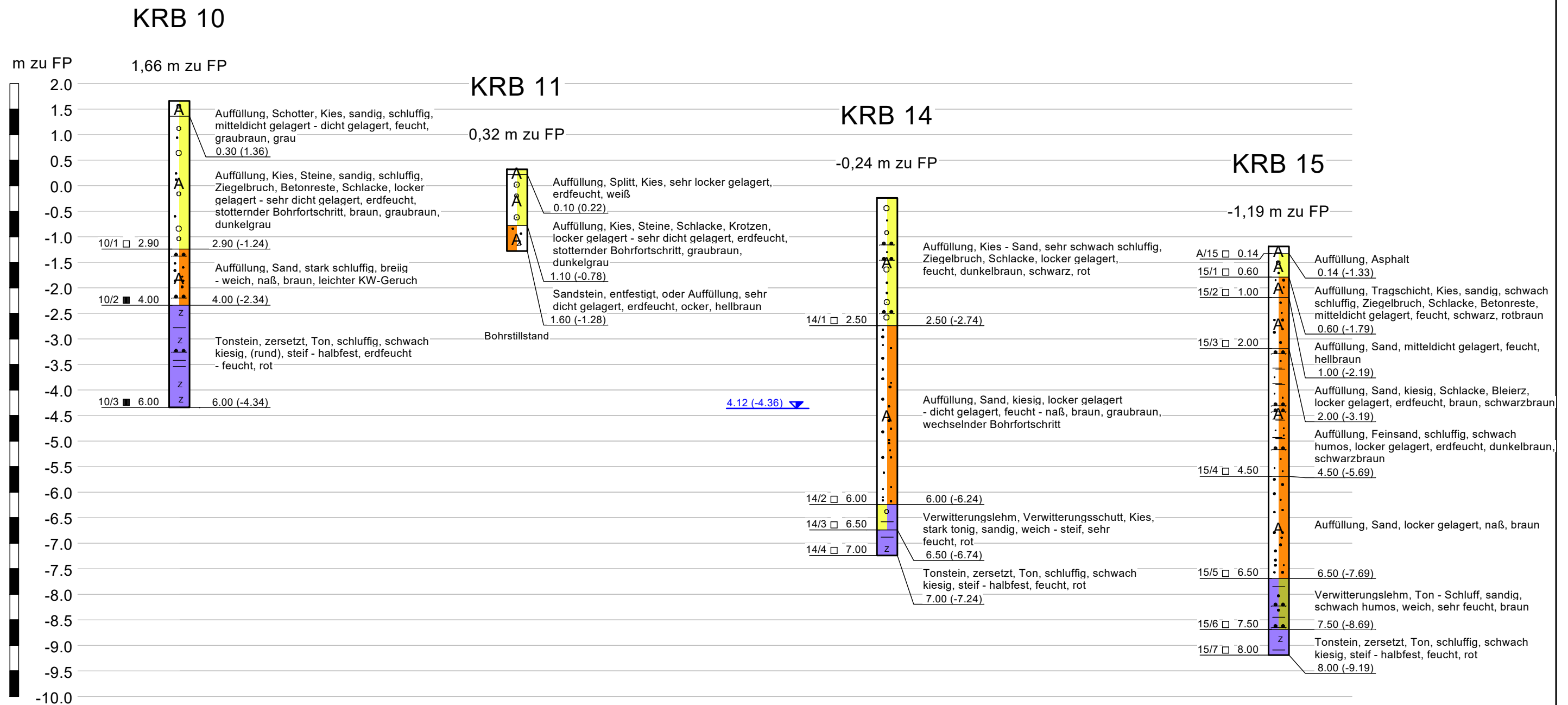
- geplante Neubauten
- KRB 1

 Kleinrammbohrung
- DPH 1

 Schwere Rammsondierung

ORIENTIERENDE BAUGRUNDUNTERSUCHUNG NEUBAU BAUHOF KALL, DAIMLERSTRASSE 2, 53925 KALL		
Auftraggeber Gemeindeverwaltung Kall Bahnhofstraße 9, 53925 Kall		
Auftragnehmer Wittler Ingenieurbüro Geologie und Umwelt Hauptstraße 14, 50859 Köln		
Zeichnung Lageplan mit Bohransatzpunkten		
Maßstab ca. 1 : 200	Datum 03.09.2024	gez. Kr Projekt 241951

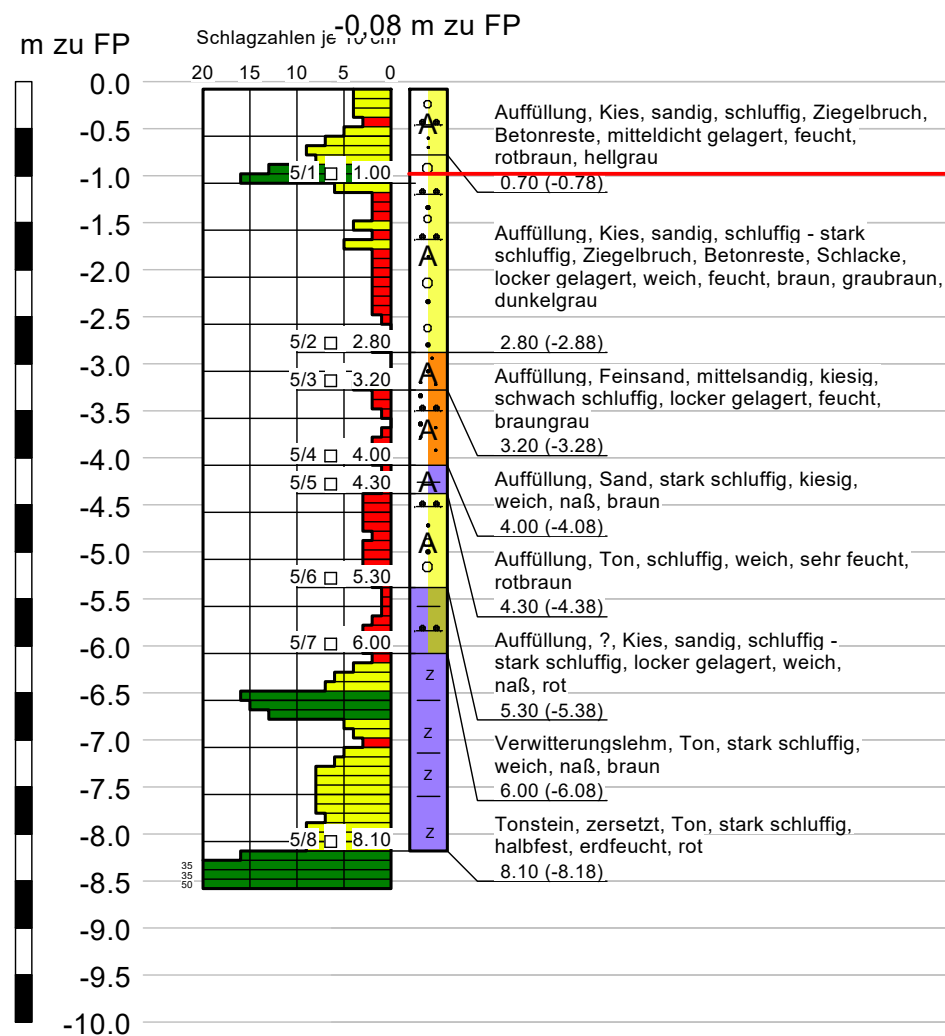
Anlage 3:
Geotechnische Schnitte



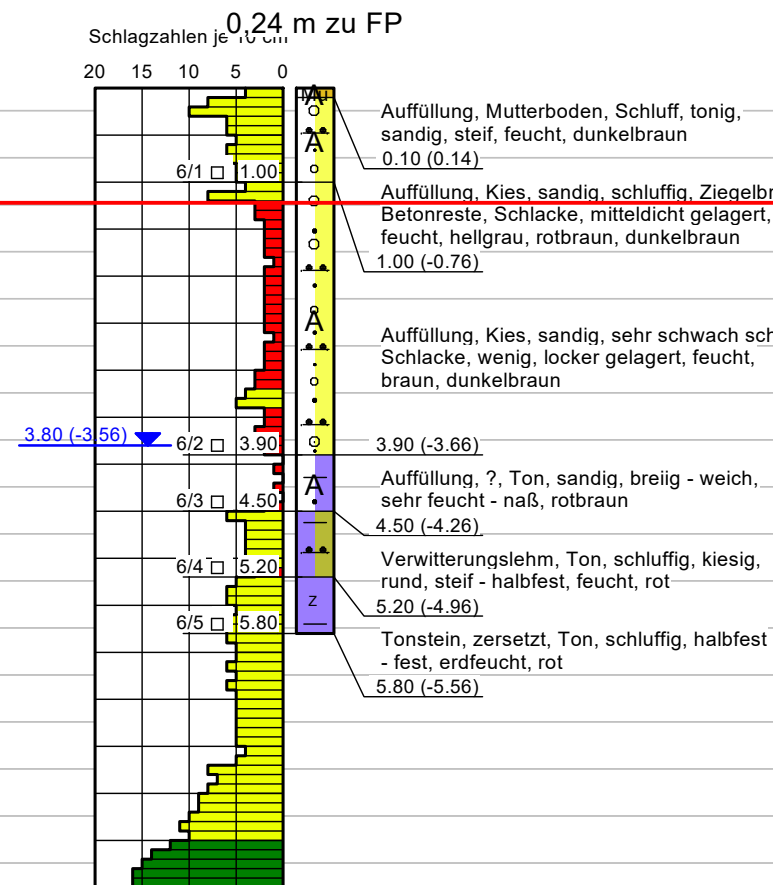
Festpunkt (FP = 0.0 m): OK oberste Treppenstufe
hofseitiger Eingang altes Verwaltungsgebäude

Baufeld Anbau Fahrzeughalle

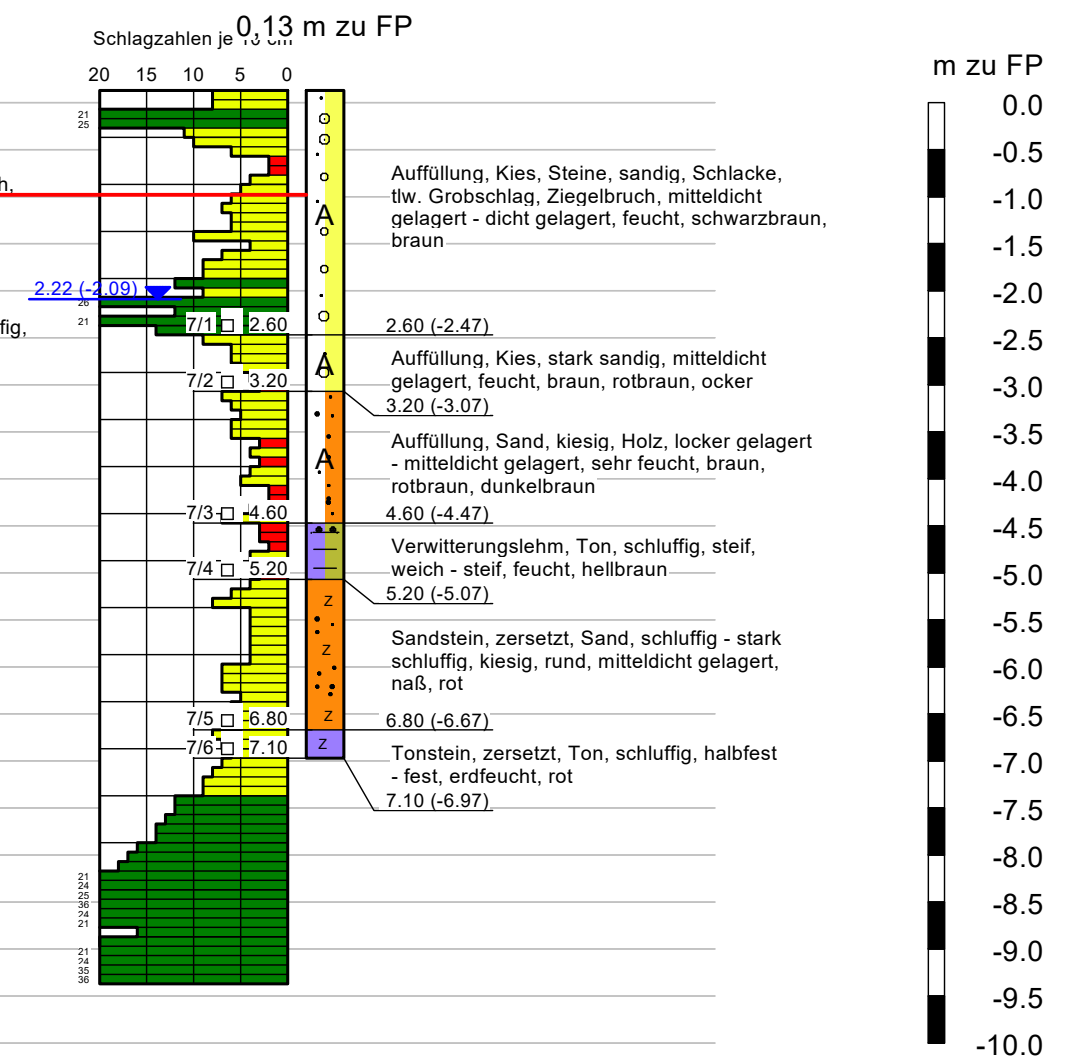
KRB/DPH 5



KRB/DPH 6



KRB/DPH 7



Legende

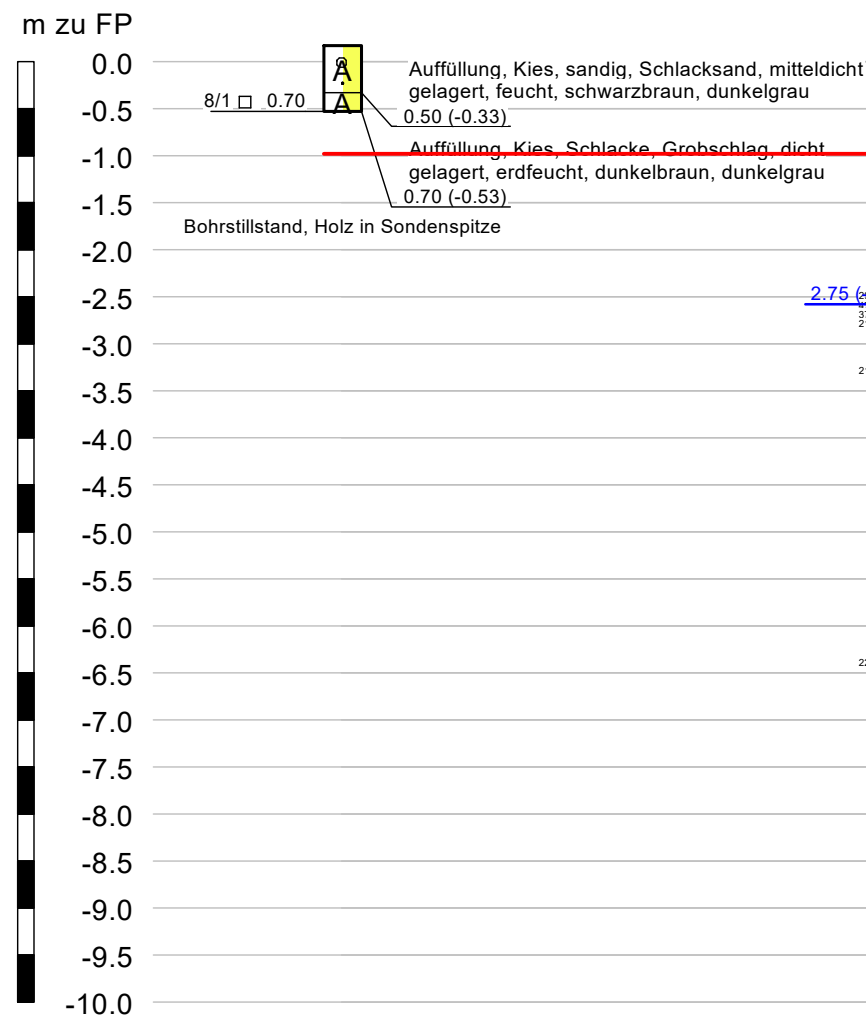
UK Einzel-/Streifenfundament: ca. -0,98 m zu FP

Festpunkt (FP = 0.0 m): OK oberste Treppenstufe
hofseitiger Eingang altes Verwaltungsgebäude

Dachstützen Fahrzeughalle

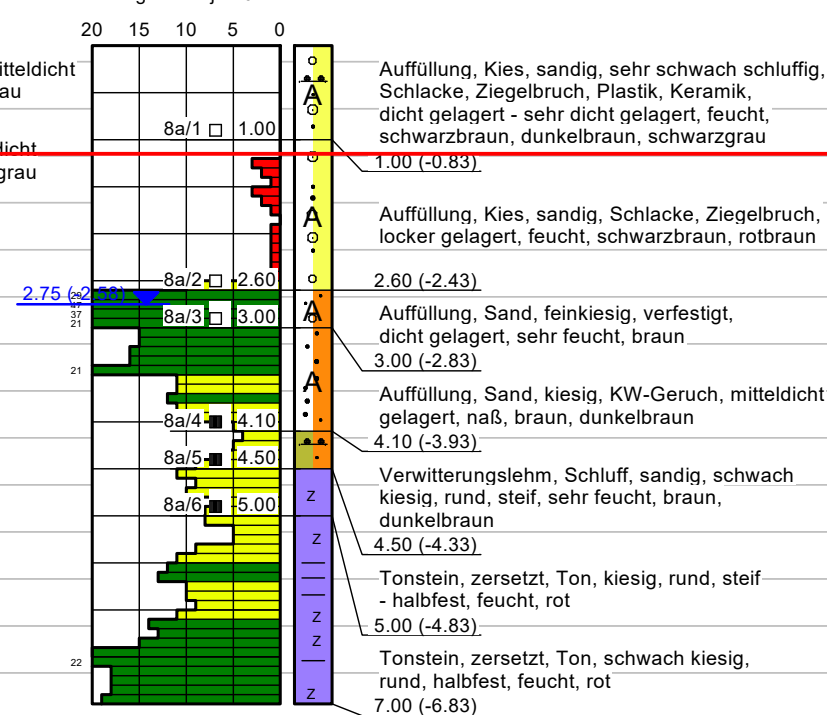
KRB 8

0,17 m zu FP



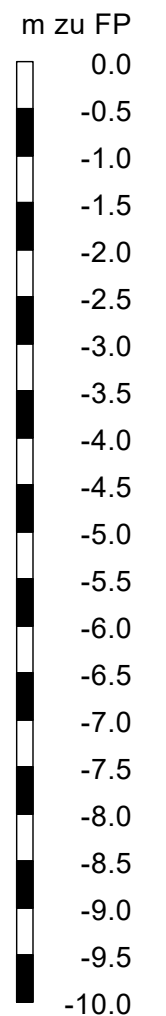
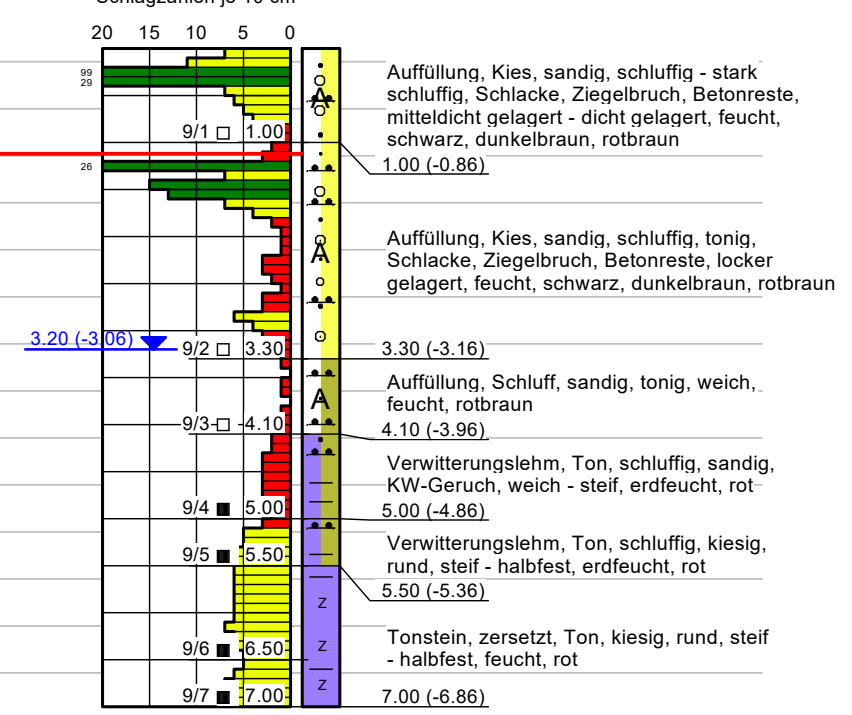
KRB/DPH 8a

Schlagzahlen je 1,0 m 0,17 m zu FP



KRB/DPH 9

Schlagzahlen je 1,0 m 0,14 m zu FP



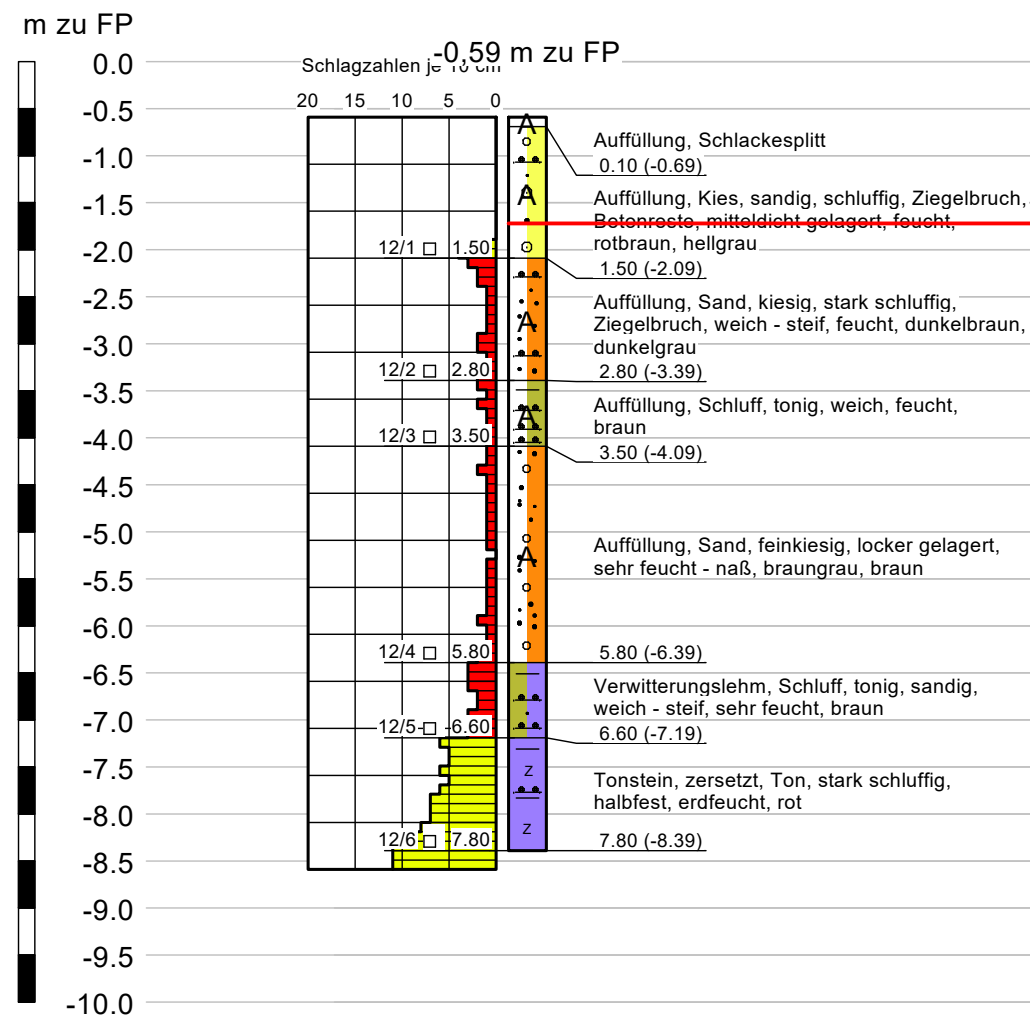
Legende

UK Einzel-/Streifenfundament: ca. -0,98 m zu FP

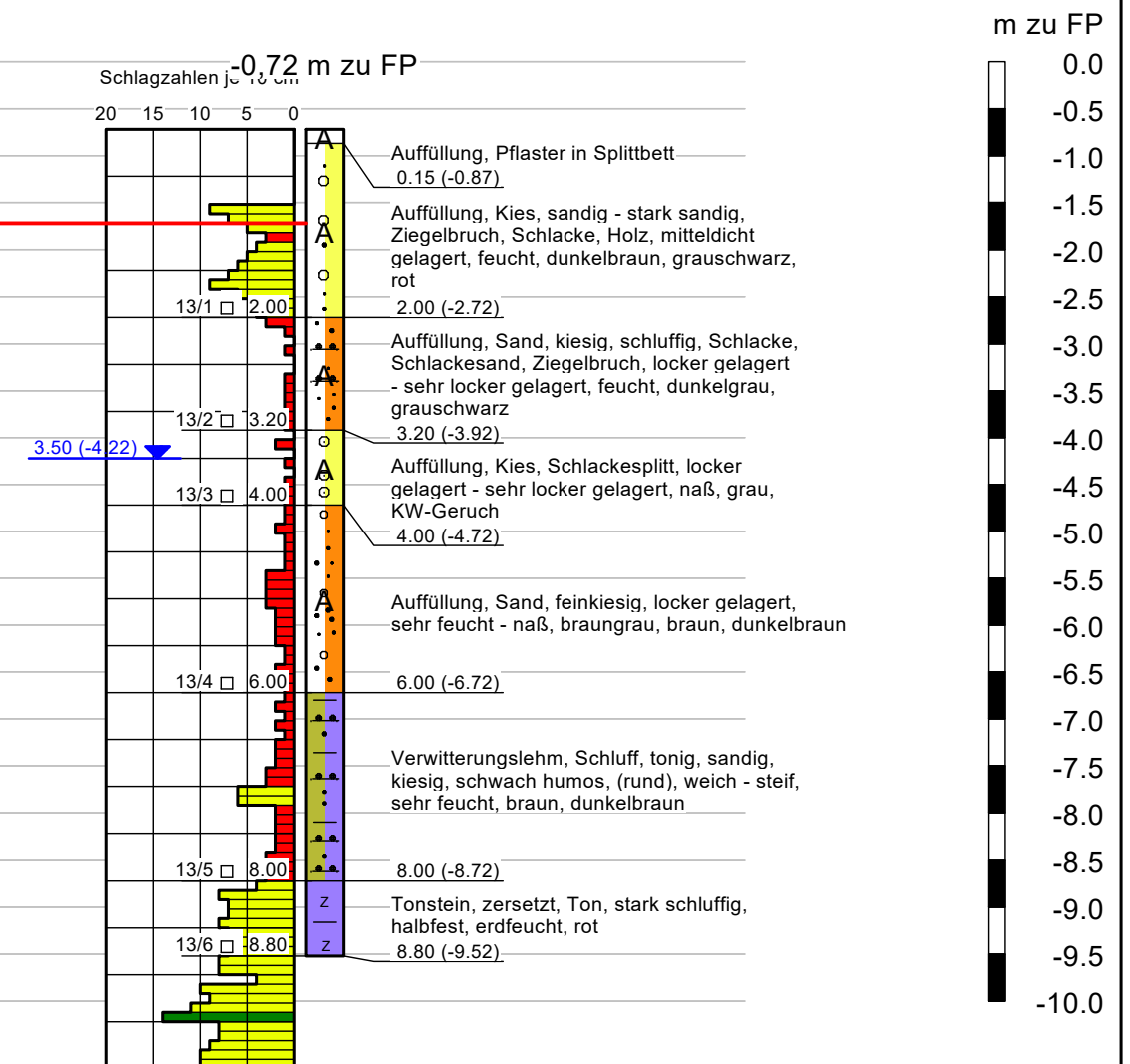
Festpunkt (FP = 0.0 m): OK oberste Treppenstufe
hofseitiger Eingang altes Verwaltungsgebäude

Baufeld Salz-Silos

KRB/DPH 12



KRB/DPH 13



Legende

UK Einzelfundament: ca. -1,72 m zu FP

Festpunkt (FP = 0.0 m): OK oberste Treppenstufe
hofseitiger Eingang altes Verwaltungsgebäude