

Voigt Ingenieure GmbH Luckau
Am Damm 8
15926 Luckau

Rüdersdorf, den 10.10.2024

wen

Baugrunderkundung und -beurteilung, Ergebnisbericht Nr. 248068

Baumaßnahme : 15566 Schöneiche, Woltersdorfer Straße,
Schulneubau B-Plan
Bebauung / Erschließung / Entwässerung
- *Baugrunduntersuchung* -

Auftraggeber der : Voigt Ingenieure GmbH Luckau
Untersuchungen Am Damm 8
15926 Luckau

Prüfstelle : stra/lab Baustoff- und Straßenprüfung GmbH
Tasdorf Süd 7
15562 Rüdersdorf

Bearbeitungszeitraum : August / Oktober 2024



Dipl.-Ing. Florian Wendt
Prüfstellenleiter

Dieser Ergebnisbericht umfasst 69 Seiten und 4 Anlagen.

Geschäftsführer: Dr. Ing. Manfred
Hase, Dennis Nöthen
HRB 16455 FF

Umsatzsteuer-
Identifikationsnummer.:DE135125453

Steuernummer: 064/156/02705

IBAN: DE39 1705 4040 3300 7759 48 Kreisparkasse Märkisch-Oderland
BIC: WELADED1MOL

IBAN: DE33 2307 0710 0032 3022 00 Deutsche Bank
BIC: DEUTDEHH222

Inhalt	Seite
1. Vorbemerkungen - Allgemeines / Veranlassung -.....	3
2. Geologische, morphologische und hydrogeologische Situation	7
3. Feststellungen / Baugrundverhältnisse	15
4. Baugrundeignung / Gründungstechnische Schlussfolgerungen (Zusammenfassung).....	26
5. Schlussbemerkungen	69

Anlagen

- 1 Übersichtslagepläne und Lagepläne der Sondierstellen / Aufschlüsse (BS / RS) sowie Fotodokumentation - Bilder vom Standort mit den 4 Sondierstellen (gesamt 7 Bilder) -
- 2 Bohrprofile (BS 1 bis BS 4) - 4 Bohrungen -
- 3 Rammdiagramme DPH-15 (RS 1 bis RS 4 bei BS 1 bis BS 4) - 4 Rammsondierungen -
- 4 Korngrößenverteilungen (KGV) / Siebungen (Korngrößenverteilungskurven / KVK) (15 Proben / 12 Nasssiebungen / Sandproben: nichtbindiger Boden SE / SU und 3 kombinierte Sieb- / Schlämmanalysen / Lehmproben: bindiger Boden)

Unterlagen

- U1 Geologische Karte 1 : 25 000, Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe (LBGR) Brandenburg
- U2 Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung 1 : 100 000, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Kleinmachnow 1995
- U3 Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Potsdam 1997
- U4 Karte der oberflächennahen Hydrologie, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) Brandenburg 1 : 50 000 (HYK50)
- U5 Karte: Flurabstand des Grundwassers / Umweltatlas Berlin 1 : 50.000
- U6 1. Lageplan / Bebauungsplan 25/19 „Weiterführende Schule Wittstockstraße / Woltersdorfer Straße Gemeinde Schöneiche“ im Maßstab 1 : 1.000 Planzeichnung, Herausgeber: mayerwittig, Architektur & Stadtplanung GbR in 03044 Cottbus und 2. Lageplan Quelle: Google Maps Plan, Brandenburg Viewer / Geodatenbest. Land Brandenburg (Anlage 1) sowie Unterlagen zum BV vom AG
- U7 Brandenburg Viewer mit Topographischer Karte / Geodatenbestand Land Brandenburg und Google Maps Plan

- U8 „Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs“, Dr. E. Scholz
- U9 Bohrerergebnisse der Sondierbohrungen (Kleinrammbohrungen) BS 1 bis BS 4 und Ergebnisse der Rammsondierungen RS 1 bis RS 4 (siehe Anlagen 2 und 3)
- U10 Ergebnisse der Siebungen (Naßsiebungen / Sand und komb. Sieb- / Schlämmanalyse / Lehm) ermittelt und ausgeführt durch das firmeneigene Laboratorium von Stralab (siehe Anlage 4)
- U11 Fotodokumentation - 7 Bilder vom Standort mit den 4 Sondierstellen (siehe Anlage 1)
- U12 Auftrag vom 06.08.2024, gemäß Angebot Nr.: 24A00478 vom 30.07.2024

1. Vorbemerkungen - Allgemeines / Veranlassung -

Die Gemeinde Schöneiche plant über die Voigt Ingenieure GmbH Luckau die Teilfläche Flur / Flurstücke siehe Anlage 1 / Lageplan /U6/, die von der Woltersdorfer Straße und Ulmer Straße, der Wittstockstraße, der Leipziger und der Potsdamer Straße in 15566 Schöneiche begrenzt bzw. eingerahmt wird - gemäß den Festsetzungen des B-Plans Nr. 25/19 „Weiterführende Schule Wittstockstraße / Woltersdorfer Straße Gemeinde Schöneiche“ /U6/, d. h. im B-Plan-Verfahren zur städtebaulichen Entwicklung - einer generellen Bauentwicklung, ggf. mit Infrastruktur - hier mit den Zielen **1. der Erschließung einer Bebauung, hier des Schulneubaus** (d. h. der Errichtung einer 4-geschossigen Schule mit Unterkellerung und einer Sporthalle wahrscheinlich ohne Unterkellerung im Bereich Fläche für den Gemeindebedarf = **rotfarbene** Fläche im Lageplan, **2. der Erschließung von Teilen des Areals insbesondere um den Schulneubau mit Verkehrsflächen im Schulvorplatz und mit verkehrsberuhigten Bereichen** (Straße / Planstraße / Fahrbahnen, Parken, Gehwege, auch Straßenentwässerung im Plan / Lageplan der Anlage 1 / Planzeichnung mit **orangefarbiger** Darstellung) sowie **3. der Erschließung des Areals mit Öffentlichen (auch Spielplatz / Freispielfläche, weiße Darstellung im Plan) und Privaten Grünflächen mit Entwässerungs- / Versickerungsbereichen von Regenwasser** (hier **hell-** und **dunkelgrünfarbige** Darstellung in der Anlage 1 / Lageplan) - zuzuführen (siehe auch /U6/ sowie Anlage 1).

Dabei soll der Bereich der vorhandenen und noch auszubauenden Woltersdorfer Straße mitgenutzt werden (siehe auch Anlage 1).

Im Vorfeld dieser o. g. Planung ist die Erkundung und Untersuchung des Baugrundes - hier im Untersuchungsbereich B-Plan Nr. 25/19 Bebauungsplan Bauvorhaben „Weiterführende Schule Wittstockstraße / Woltersdorfer Straße Gemeinde Schöneiche“ Planzeichnung / Anlage 1- an den 4 vorgesehenen Bohr- / Sondierstandorten erforderlich und vorzunehmen (siehe Anlage 1 /U6/ und Anlage 1 / Fotodokumentation).

Das unmittelbar südöstlich und südlich der Woltersdorfer Straße befindliche Untersuchungsgebiet wird im Norden und Westen von der Ulmer Straße und der Wittstockstraße, im Süden in Höhe der Potsdamer Straße und auch im Osten von der Leipziger Straße (Feldweg) begrenzt (siehe auch Anlage 1 und mit Fotodokumentation).

Das Untersuchungsobjekt - insbesondere der Bereich Schulneubau mit Sporthalle und auch die im Süden geplante und angrenzende Grünfläche (Wiese) - stellt eine derzeit unbebaute, bis vor kurzem landwirtschaftlich genutzte Freifläche dar, die am Rand mit einzelnen Bäumen / z. T. Baumgruppen / Sträuchern mit geringem bis mäßigem Bewuchs versehen ist (siehe auch Anlage 1 / Fotos).

Im Rahmen der Entwicklung der Infrastruktur und des geplanten Schulneubaus ist im vorgesehenen B-Plan-Verfahren sicherlich auch eine Medienanbindung (Sicherstellung der Trinkwasserversorgung und der Abwasserentsorgung also der Medienerschließung / Rohrleitungsverlegung und weiterer erforderlicher Medien) des Grundstücks - sicherlich an die im Norden / Osten angrenzende Woltersdorfer Straße oder an andere Straßen - vorgesehen.

Zur verkehrstechnischen Erschließung des Gesamt-Grundstücks und Anbindung an die Woltersdorfer Straße und / oder an andere angrenzende Straßen (siehe Beschreibung zuvor und Lageplan) ist auch die Errichtung peripherer Anlagen (Verkehrswegebau / Flächenbefestigung) wie Straßen- und Gehwegbau, ggf. auch mit Stellplätzen / Parkflächen in den geplanten neuen Straßenbereichen / -abschnitten und mit Zuwegungen zum Grundstück / zum Schulgebäude mit der Sporthalle mit Stellplätzen und Gehwegen, etc. sowie die Errichtung von Straßenentwässerungsanlagen geplant.

Weitere bauspezifische Angaben zum beabsichtigten Bauvorhaben sowie Angaben zum geplanten Bauwerk / Schulneubau mit Sporthalle - wie Auflast, Bemessung, etc. - sowie zur Erschließung der Infrastruktur (wie Verkehrswegebau incl. Straßenentwässerung und Medienerschließung / Rohrleitungsbau) lagen dem Auftragnehmer zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht vor.

Es wird für das Bauobjekt - hier dem Schulneubau mit Unterkellerung und der Sporthalle wahrscheinlich ohne Unterkellerung - und bei der Angabe z. B. des Bauobjektes als 4-geschossiges Schulgebäude mit Unterkellerung und Sporthalle (siehe /U6/) von der Einordnung des Bauobjektes in die „Geotechnische Kategorie eher GK 2 bis ggf. GK 3“ ausgegangen.

Die Prüfstelle / stralab GmbH wurde durch den Auftraggeber in Vorbereitung der Baumaßnahme mit der Voruntersuchung, Erkundung und Bewertung / Beurteilung der Baugrundsituation, der generellen Bebaubarkeit (mit möglichen Bebauungseinschränkungen) sowie der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse insgesamt der Auswertung aller Untersuchungsergebnisse für das geplante Bauvorhaben beauftragt.

Neben den Gründungsschlussfolgerungen bzw. Hinweisen zur Gründung / Baugrundeignung sind auch die Bodenkennwerte zur statischen Berechnung z. B. des geplanten Bauwerkes Schulgebäude / Sporthalle (mit / ohne Unterkellerung) und die Homogenbereiche für die Planausführung zu bestimmen und anzugeben.

Des Weiteren wurden vor allem bodenmechanische Laboruntersuchungen in Form der Bestimmungen der Korngrößenverteilung (KGV / Siebungen) der anstehenden Böden an für die Versickerung (auch für den Verkehrswegebau und Rohrleitungsbau sowie die Straßenentwässerungsanlagen) relevanten und ausgewählten Bereichen / Bodenproben (hier insgesamt 15 Proben im Bereich der BS 1 bis BS 4, je Bohrung mind. 3 / 4 Proben) beauftragt bzw. analysiert (Ergebnisse siehe Anlagen 2 und 4).

Das dient in erster Linie der Feststellung der Versickerungsfähigkeit / Wasserdurchlässigkeit (Ermittlung des k_f -Wertes) der zur Versickerung von Regen- / Oberflächenwasser relevanten und geeigneten Böden (Entwässerung / Entwässerungsanlagen) und weiterhin auch zur Festlegung der bodenspezifischen Parameter / Bodenkennwerte wie Bodengruppen (z. B. Siebungen) und Bodenklassen sowie der Frostempfindlichkeitsklassen auch für den Verkehrswegebau und Rohrleitungsbau.

Chemisch-analytische Untersuchungen / Kontaminationsanalysen (Umweltverträglichkeitsprüfungen / UVP) nach EB-V (Ersatzbaustoff-Verordnung, ehem. LAGA) von ggf. zu erwartenden oberflächennahen Auffüllungen und dem darunter folgendem natürlichem Boden (gesamtes Untersuchungsgebiet, siehe auch geplante Unterkellerung des Schulgebäudes / Baugrubenaushub) wurden durch den Auftraggeber auch in Vorbereitung der Baumaßnahme, hier von Erdarbeiten / Erdaushub / Entsorgung im Bereich der Böden und z. B. auch im Bereich der entstehenden Baugrube (Keller), nicht beauftragt und waren auch nicht Gegenstand der Baugrunduntersuchung.

Die notwendigen Baugrundaufschlüsse (Sondierungen: Bohrungen / BS und schwere Rammsondierungen / RS) wurden in Form von insgesamt 4 beauftragten Rammkernsondierungen / Bohrsondierungen (BS) / nachfolgend Bohrungen genannt mit jeweils 10 m (BS 1 bis BS 4) Endteufe - zur Erkundung der Boden- und Wasserverhältnisse und zur Probennahme - sowie in Form von 4 dazu gehörigen schweren Rammsondierungen (RS) mit der DPH-15 mit ebenfalls jeweils 10 m (RS 1 bis RS 4) Endteufe - zur Erkundung / Bestimmung der Lagerungsverhältnisse / Lagerungsdichte / Tragfähigkeit im Zeitraum vom 22.08. und 23.08. sowie 26.08. und 27.08.2024 (Bohrungen und Rammsondierungen) ausgeführt (vgl. Anlage 1 / Lageplan, Anlagen 2 und 3).

Dabei wurden die vorgegebenen Aufschlussansatzpunkte (Bohr- und Rammsondierstellen) im Rahmen der Erkundung insgesamt flächenhaft über das gesamte zu untersuchende Areal (BS / RS 1 bis BS / RS 4) verteilt, angeordnet (siehe Anlage 1). Die Anordnung / Lage der Bohr- und Rammsondieransatzpunkte erfolgte nach den Vorgaben des Auftraggebers (Anlage 1). Die Lage der Aufschlüsse ist den Anlagen 1 und der Fotodokumentation zu entnehmen.

Die Ergebnisse der 4 Sondierungen (BS und RS) können dabei auch für die Bereiche der geplanten Straßenabschnitte / Straßenerschließung und -entwässerung sowie zur Bewertung des Rohrleitungsbaus und der Entwässerung / Entwässerungsanlagen genutzt werden.

Die höhenmäßige Einmessung / Zuordnung der Aufschlussansatzpunkte (BS und RS) erfolgte in Bezug auf die bzw. in Korrelation zu den im Lageplan /U6/ mit Vermessungspunkten angegebenen Höhenordinaten NN / NHN (siehe Anlage 1 und Lageplan /U6/ und Anlagen 2 sowie 3). Die Höhenordinaten (+... m NN / NHN) der einzelnen 4 Bohrungen und 4 Rammsondierungen / Aufschlussansatzpunkte sind der Anlage 2 / Bohrprofile und der Anlage 3 / Diagramme der Rammsondierungen zu entnehmen.

Das Areal des Bauvorhabens (gesamter Untersuchungsbereich) weist entsprechend der vom Auftragnehmer vorgenommenen höhenmäßigen Zuordnung / Vermessung der Bohrstellen und auch entsprechend den Höhenordinaten der topographischen Karte /U6, Brandenburg Viewer/ Höhenordinaten des erkundeten Geländes bei den Bohrungen BS 1 bis BS 4 von +49,1 m (BS 2) bis +50,5 m (BS 1) NN / NHN auf (Differenz rund ca. 1,5 m).

Das Gelände ist insgesamt eben und z. T. auch uneben mit leichten Senken und die Höhenunterschiede sind bezogen auf die gesamte Fläche schon deutlich (hier bis zu 1 - 3 m) zu bewerten. Ein generelles Einfallen der Geländeoberkante von Nord / Nordwest (+50 m / +51 m) nach Südost / Süd sowie von West nach Ost (+48 m / +49 m und wieder auf +49 m / +50 m), siehe auch angegebene vermessene Bohr- und Rammsondieransatzhöhen/ Anlage 2 und Höhen-Isolinien in der topographischen Karte, ist hier deutlich festzustellen.

Von einem generellen natürlichen Einfallen des Geländes in Richtung Vorfluter, also nach Südosten hin und großräumig vor allem nach Süden zum Berliner Urstromtal (Spreetal), ist zu rechnen, und das zeigen auch die Untersuchungsergebnisse (topogr. Karte /U6/ und geolog. Karte /U1/, Bild 1).

Das Untersuchungsgebiet im Areal der 4 Sondierungen (BS / RS) ist naturbelassen und derzeitig - Zeitpunkt der Erkundung (Ende August 2024) - un bebaut. Anzeichen einer Auffüllung fanden sich nicht. Von einer Altlastenverdachtsfläche ist hier augenscheinlich und nach den Bohrergebnissen (Bodenansprache) auch nicht auszugehen.

Zum Zeitpunkt der Erkundung im Sommermonat August 2024 lag das Untersuchungsgebiet als Brache, Wiese / Freifläche und nur randlich der Fläche auch als bewachsenes Areal mit z. T. waldähnlicher Form (kleineren Bäumen und Sträuchern) vor (siehe anfängliche Erläuterungen).

Es erfolgte die Entnahme gestörter Bodenproben (Güteklasse 5 nach DIN EN ISO 22475-1) schicht- und meterweise durch die Bohrungen (BS) und deren Bewertung nach den Kriterien der DIN 4023 und DIN 18196 (alt) und DIN EN ISO 14688-1 (Bodenansprache / -bewertung nach visuellen und manuellen Verfahren).

Des Weiteren wurden die gestörten Bodenproben für bodenmechanische Laboruntersuchungen (Ermittlung des kf-Wertes / Siebanalysen) verwandt (siehe Anlage 4 als auch Anlage 2 und Kapitel 3).

Davon abweichend werden im Gutachten die im deutschen Sprachraum gebräuchlichen Begriffe und Abkürzungen / Zeichen und dgl. verwendet (siehe Anlage 2 und Legende der benutzten Kurzzeichen und Schraffuren).

2. Geologische, morphologische und hydrogeologische Situation

Regionalgeologisch ist das Untersuchungsgebiet der maßgeblich weichseleiszeitlich und auch holozän geprägten naturräumlichen Großeinheit „Ostbrandenburgische Platte“ - hier dem äußersten südlichen Bereich der naturräumlichen Haupteinheit „Barnim-Platte / Hochfläche“ - zuzuordnen /U8/, E. Scholz. Unweit südlich befindet sich das „Warschau-Berliner Urstromtal“.

Die Barnim-Platte stellt dabei eine morphologisch flachwellige bis kuppige Lehmplatte / Hochfläche mit Geländehöhen von 50 bis 100 m ü. NN, teils auch bewegte Landschaft mit in diese Platte eingesenkte Talrinnen mit Rinnenseen, wie der bekannte und östlich vom Standort gelegene Kalksee sowie weiter nördlich der Stienitzsee u. a., dar (siehe auch /U8/, E. Scholz und /U7/).

In die Barnim-Platte / Hochfläche sind des Öfteren kleinere, in der Regel NO-SW-gerichtete weichselspätglaziale Schmelzwasserabflussbahnen / -rinnen eingeschnitten, d. h. erodiert, die zum weiter südlich befindlichen Berliner Tal (Urstromtal) hin entwässern. Solch eine Rinne stellt das weiter östlich vom Standort gelegene Annafließ, Stienitzfließ und das nahe, östlich vom Standort gelegene Rüdersdorfer Mühlenfließ / das Flakefließ (nach /U7/ Google Maps Plan und Brandenburg Viewer) mit den genannten verschiedenen Seen (Rinnenseen und Vorfluterseen) dar, die zum Berliner Tal hin entwässern. Der Rand der Rinne weist morphologisch oft stark ausgeprägte Relief- / Geländehöhenunterschiede mit z. T. relativ steilen Hängen auf.

Der Standort, im äußersten südlichen Bereich der Barnim-Hochfläche /U8, E. Scholz/, die eine Grundmoränenplatte der Weichsel-Kaltzeit (Brandenburger Stadium) darstellt, befindet sich dabei westlich der markanten weichselspätglazial geprägten NO-SW-verlaufenden kleinen Schmelzwasserabflußbahn / Erosionsrinne mit dem Annafließ und dem Rüdersdorfer Mühlenfließ / dem Flakefließ auf der Hochfläche, die nach Süden zum „Warschau-Berliner-Urstromtal“ mit der Spreetalniederung hin entwässert. Innerhalb der Rinne / Talniederung liegen eine Reihe von mehr oder weniger langgestreckten, aufeinander folgenden Rinnenseen, wie bereits genannt.

Der generelle **geologische Aufbau** des Gebietes (Barnim-Platte / Hochfläche) wird durch den weichselglazialen Geschiebemergel (Grundmoräne) und seine Verwitterungsprodukte bestimmt. Der weichselglaziale Geschiebemergelhorizont ist durch starke Verwitterung und Auswaschung oft als lehmiges Sand-Schluff-Gemisch (Geschiebelehm) anzutreffen. Bedingt durch Erosion ist dieser bindige Geschiebelehm- / -mergelhorizont z. T. lückenhaft verbreitet bzw. vollständig erodiert. Oft ist die obere Bodenzone der Grundmoräne durch Suffosion (Reduzierung des Feinkornanteils durch Oberflächen- / Sickerwasser) entmischt und teilweise dadurch auch locker gelagert. Innerhalb der genannten Rinne tritt der Geschiebelehm- / -mergel oberflächennah stellenweise auch als allochthone (durch die Schmelzwässer verfrachtete) oft isolierte Grundmoränenschollen auf. Stellenweise ist im tieferen Untergrund mit der Grundmoräne der Saale-Eiszeit zu rechnen (hier nicht erkundet).

Die weichselglaziale Grundmoräne wird meistens von verschiedenkörnigen Sanden, d. h. von Geschiebedecksanden und glazifluviatilen Hochflächensanden (Schmelzwassersanden, gf) in Form von Nachschüttsanden (Sander) überlagert sowie auch von glazifluviatilen Vorschüttsanden (vs) unterlagert (letztere sehr wahrscheinlich angetroffen, da hohe Lagerungsdichte der Sande unter dem Lehm, siehe auch Bild 1)

Diese Bildungen können stellenweise von weichselspätglazialen bis holozänen Dünensand-Komplexen / i. d. R. relativ feinkörnige Dünensande überlagert werden (wurden hier angetroffen bei der BS 3 (siehe auch lockere Lagerung) und bei der BS 4).

Das Untersuchungsgebiet weist im Bereich des Grundstücks und der Bebauungsfläche streckenweise relativ ebene Geländeabschnitte aber auch Senkenbereiche und erhöhte Areale auf. Die Geländemorphologie zeigt nach der Unterlage /U7, topographische Karte/ und nach dem Nivellement, der höhenmäßigen Einmessung der 4 Sondierstellen / mit Geländehöhen zwischen +50,5 m und +49,1 m NN / NHN (siehe auch Bohrungen BS 1 bis BS 4 / Anlagen 2 und 3, Höhenordinaten der Aufschlussansatzpunkte) ein Einfallen der Geländeoberkante von Nord / Nordwest nach Süd / Südost bzw. auch von West nach Ost hin auf.

Für das geplante Baufeld (B-Plan Nr. 25/19) konnte durch das Nivellement bzw. die Höhenzuordnung ein Geländehöhenunterschied zwischen den Bohrungen BS 1 und BS 4 von maximal etwa 1,5 m festgestellt werden.

Das Untersuchungsgebiet zwischen dem Neuenhagener und dem Rüdersdorfer Mühlenfließ gelegen befindet sich im Bereich der Hochfläche mit Sandablagerungen (qw1,,gf Hochflächensand / Schmelzwassersand) über Geschiebelehm- / -mergelablagerungen (qw1,, gm) siehe auch **Bild 1: geologische Karte.**

Die geologischen Verhältnisse im erkundeten Untersuchungsgebiet / Baufeld des B-Plans sind insgesamt gesehen, bis auf die auf relativ engem Raum verbreiteten Lehm- / ggf. Mergelschichten und die weiter südlich gelegenen oberflächennahen Dünensande, relativ homogen und einheitlich - hier maßgeblich in Form von weichselglazialen Hochflächensanden (gf) sowie weichselspätglazialen bis holozänen Dünensanden (d) und der darunter lagernden weichselglazialen Grundmoräne (Geschiebelehm und ggf. -mergel, gm), die wiederum von weichselglazialen Vorschüttsanden (gf, vs) unterlagert wird.

Nach der Geologischen Karte 1:25.000 des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg /U1/ sowie den Unterlagen /U2/ und /U3/ werden für den nördlichen Teil des Standortes (BS 1 und BS 2), oberflächennah die zuvor genannten glazialen Geschiebelehm- / -mergelablagerungen (gm) über den weichselglazialen Vorschüttsanden (gf, vs) ausgewiesen. Im mittleren und weiter südlichen Teil des Standortes (BS 3 und BS 4) sind nach der geolog. Karte oberflächennah die genannten weichselglazialen Hochflächensanden (gf) sowie weiter südlich die weichselspätglazialen bis holozänen Dünensanden (d) verbreitet, die z. T. von der weichselglazialen Grundmoräne (Geschiebelehm und ggf. -mergel, gm) und hauptsächlich von den weichselglazialen Vorschüttsanden (gf, vs) unterlagert werden (siehe auch Ergebnisse der Bohrungen und **Bild 1: geologische Karte**).

Nach der Geologischen Karte 1:25 000 des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg /U1/ und auch nach den Bohrergebnissen (Anlage 2) besteht die hier maßgebende (lastabtragende) Baugrundschrift, in Abhängigkeit von der Gründungsart und -tiefe, z. B. einerseits bei einer Gründung ohne Keller (z. B. Sporthalle, Medien oder Straßenbau) in den Bereichen der BS 1 und BS 2 ggf. auch BS 3 überwiegend aus den weichselkaltzeitlichem Geschiebelehm / -mergel in Form von z. T. kiesigen, schwach tonigen, schluffigen Sanden, in die auch Steine (Geschiebe) eingebettet sein können und darunter aus den Vorschüttsanden. Die hier mehrere 1 - 3 Meter mächtige weichselglaziale Grundmoräne (Lehm / Mergel) wird am Standort von weichselglazialen, z. T. auch wasserführenden Schmelzwassersanden (Vorschüttsanden) unterlagert.

Andererseits bei einer Gründung mit Keller (wie Planung bei Schulneubau aber auch Medien und Straßenbau) aber auch ohne Keller besteht die maßgebende (lastabtragende) Baugrundschrift im Baufeld neben den o. g. Geschiebelehmablagerungen, hier insbesondere in den Bereichen der BS 4, BS 1, BS 2 und auch BS 3, überwiegend aus den genannten Hochflächensanden (gf) auch Dünenansanden (d) und vor allem den Vorschüttsanden (gf, vs).

Die weichselglazialen Schmelzwassersedimente / hier die Hochflächen- und Vorschüttsande setzen sich in Form von überwiegend fein- bis grobkörnigen Sanden, z. T. mit Kiesen und z. T. schwach schluffig (teils bis schluffig) ausgebildet, zusammen.

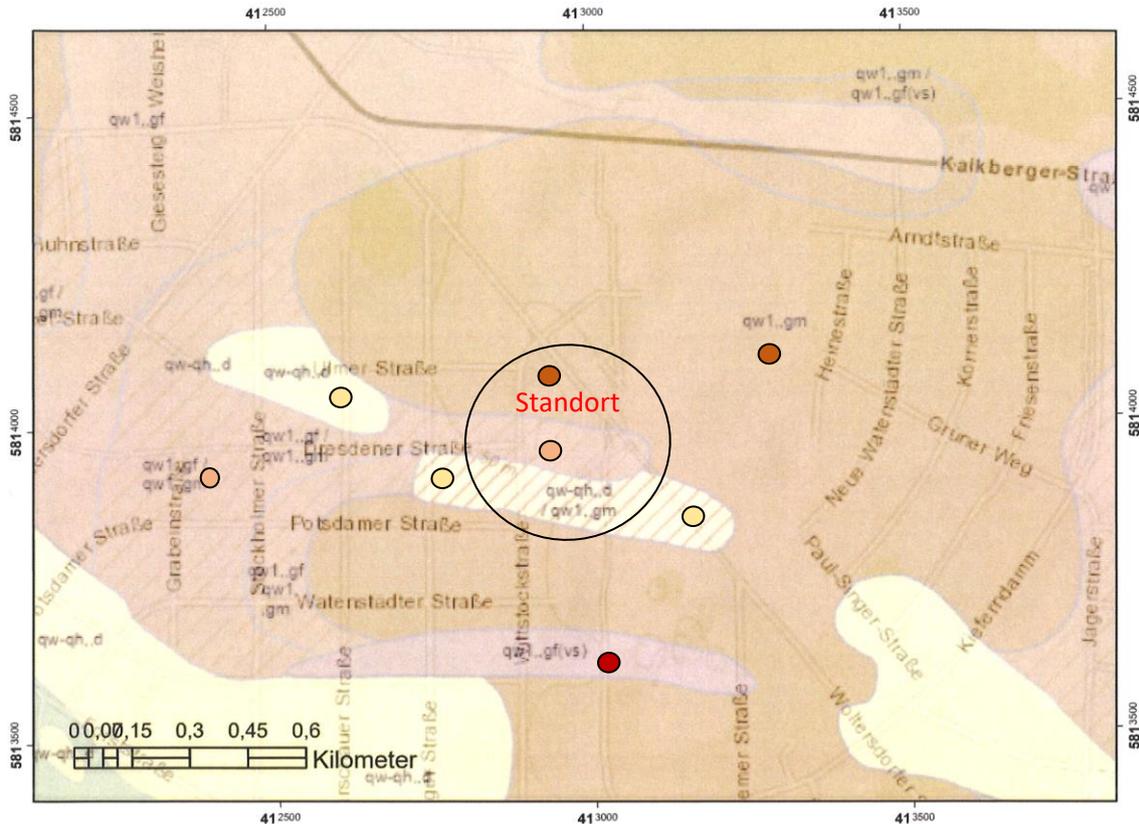
Die bis zu mehrere Meter mächtigen in größerer Tiefe auch wasserführenden Schmelzwassersande (Vorschüttsande) können am Standort mit zunehmender Tiefe von der saaleglazialen Grundmoräne (Geschiebelehm / -mergel) unterlagert werden. Die Mächtigkeit der Sande kann bis zu mehrere Meter betragen (siehe Bereiche BS 1 bis BS 4).

Die geologisch jungen Höchflächensande (oft Sandersande) und vor allem die jungen Dünenansande können genetisch bedingt (hier ohne Diagenese durch überlagernde Gletscher / Gletscherdruck) auch lagerungsgestört (d. h. in lockerer Lagerung) auftreten (siehe auch Anlagen 2 und 3, hier nur bei BS / RS 3 bis ca. 1,7 m sehr oberflächennah angetroffen, ansonsten hier nicht weiter erkundet).

Im Untersuchungsgebiet ist unter Umständen auch mit anthropogenen Veränderungen (Auffüllungen / Umlagerungen, ggf. Oberboden durch Landwirtschaft) der natürlichen Baugrundschriftung zu rechnen (hier im Rahmen der Landwirtschaft oder z. B. bereits randlich verlegter Leitungen, abgerissener Altbebauungen oder baulicher Anlagen / Bauwerken etc. (wurde jedoch nicht erkundet !)).

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
Brandenburg

Geologische Karten



Geologische Karte 1:25.000

Bild 1: geologische Karte

(Quelle: LGBR Brandenburg)

Auf dem Bild der geologischen Karte sind die geologischen Bildungen (Schichten / Bodenarten) im **Standort** -bereich (rote Farbgebung) und der Umgebung dokumentiert und zu erkennen.

- Gelbe Farbgebung = qw-gh,,d (Quartär-Holozän: Weichselspätglazial bis Holozän Dünensand der Hochfläche) über qw1,,gm (Quartär: Weichselglazial Geschiebemergel)
- Hellbraune Farbgebung = qw1,,gf (Quartär: Weichselglazial Hochflächensand) über qw1,,gm
- Braune Farbgebung = qw1,,gm (Quartär: Weichselglazial Geschiebemergel) und
- Rotbraune Farbgebung = qw1,,gf(vs) (Quartär: Weichselglazial Vorschütt sand)

Die **hydrogeologische Situation** im Untersuchungsgebiet ist durch das Auftreten eines obersten überwiegend unbedeckten, z. T. auch bedeckten (siehe durch die Grundmoräne Lehm / Bohrungen BS 1 - BS 3) Grundwasserleiters mit überwiegend freier, ggf. auch gespannter Grundwasserführung gekennzeichnet, der in hydraulischer Verbindung zu den Oberflächengewässern (Gräben, Flüssen, Fließen, Seen, z. B. weiter westlich vom Standort gelegenes Neuenhagener Mühlenfließ und weiter östlich vom Standort gelegenes Annafließ, Stienitzfließ, Strausberger Mühlenfließ sowie nahe, östlich vom Standort gelegenes Rüdersdorfer Mühlenfließ / Flakefließ sowie Kalksee, Stienitzsee und Ruhlsdorfer See, etc.) innerhalb der Niederung (der Rinne / des Tals) bzw. auf der Hochfläche und dem im Süden angrenzenden Berliner Urstromtal steht.

Die hydrogeologische Situation am Standort ist nach der hydrogeologischen Karte des Landes Brandenburg (Unterlage /U4/) durch einen Grundwasserleiter (wasserführende Sande, ggf. Flußsande (Fließ) / hauptsächlich Schmelzwassersande / hier Vorschüttssande / = oberstes, unbedecktes Grundwasserstockwerk / Grundwasserleiter) gekennzeichnet.

Nach der Unterlage /U4/ ist am Standort in den Bohrungen, in denen auch die weichselglaziale Grundmoräne ansteht (= BS 1 - BS 3) und ohne Grundmoräne (BS 4) mit einem Grundwasserleiter - hier wasserführende Sande / Schmelzwassersande = oberstes, bedecktes Grundwasserstockwerk / Grundwasserleiter, d. h. erst unterhalb der weichselglazialen Grundmoräne (= bei BS 1 - BS 3) - zu rechnen.

Aus der hydrologischen Karte / Grundwassergleichenkarte (Unterlage /U4/) lässt sich für den gesamten Standort eine Höhe des Grundwasserleiters von etwa +37 m NN - Grundwasserdruckspiegelhöhe - ableiten. Dies entspricht bei den bekannten Geländehöhen am Standort zwischen etwa +49,5 m NHN im Südosten / Osten bis max. +50,5 m NHN / NN im Nordwesten / Norden (= Vermessung! an den Bohrstandorten) und der Bohrung mit Wasseranschnitt (BS 2) sowie der Grundwassergleichen-Ordinate von etwa +37 m NN Flurabständen des Grundwassers (hier des obersten bedeckten und unbedeckten Grundwasserleiters) von etwa 12,5 - 13,5 m (BS 1 - BS 4), siehe auch Angaben in den Bohrprofilen, Anlage 2.

Dies deckt sich überwiegend - bis auf den Bereich der BS 2 - auch mit den erkundeten Grundwasserständen. Es wurde in den höher gelegenen Bohrungen BS 1, BS 3 sowie BS 4 bis 10,0 m Bohrendtiefe kein Grundwasser erkundet (s. Angaben in den Bohrprofilen, Anlage 2). Dagegen wurde in der etwas tiefer gelegenen Bohrung BS 2 bis 10,0 m Bohrendtiefe freies Grundwasser in einer Tiefe von 9,5 m unter GOK (Flurabstand) angetroffen. Dies deckt sich nicht mit dem zuvor angegebenen Flurabstand / Grundwasserstand hier deutlich > 10 m (12,5 bis 13,5 m).

Auch ist entsprechend der Unterlage /U5/ für den gesamten Standortbereich ein Flurabstand (Tiefe des Grundwassers unter Geländeoberkante / GOK) von > 10,0 m (gespanntes Grundwasser), siehe auch Untersuchungsergebnisse- angegeben und zu erwarten.

Dieses Grundwasser bei 9,5 m / BS 2 und tiefer anstehend ist für die gesamte Baumaßnahme (Schul- und Sporthallenneubau, Erschließung (Verkehrswegebau / Medien) / Entwässerung), auch unter Berücksichtigung eines nachfolgend angegebenen Höchstgrundwasserstandes, jedoch nicht relevant (da zu große Tiefenlage).

Es handelt sich hierbei um den obersten überwiegend unbedeckten, teils durch den Lehm bedeckten Grundwasserleiter - hier die o. g. weichselglazialen Schmelzwassersande auch über und unter dem Lehm (hier bei BS 1 - BS 3).

Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung am 22.08. und 23.08.2024 (Bohrungen) wurde nur in der Kleinrammbohrung BS 2 freies Grundwasser, hier des obersten durch den Lehm bedeckten Grundwasserleiters / hier Grundwasser unterhalb der Grundmoräne (nur bei BS 2), in Abhängigkeit vom Geländeniveau, in einer Tiefe von t = 9,5 m / BS 2 (= Grundwasser-Ordinate +39,6 m NHN) unter Geländeoberkante (GOK) angetroffen (siehe Anlage 2). Es handelt sich dabei um freies Grundwasser, vgl. Wasserstand in der Anlage 2.

Dagegen wurde in den anderen 3 Bohrungen (BS 1, BS 3 sowie BS 4) ggf. aufgrund der Höhenlage (> +49,1 m NHN), jedoch bei gleicher Erkundungsendtiefe von 10 m unter GOK zum Zeitpunkt der Baugrunderkundungen am 22.08. und 23.08.2024 kein Grundwasser des obersten unbedeckten / bedeckten Grundwasserleiters erkundet (siehe Anlage 2).

Eine generelle Fließrichtung des Grundwassers wird nach Südosten / Osten einerseits zum Vorfluter Mühlenfließ sowie großräumig weiter nach Süden zum Berliner Tal / Spree gegeben sein bzw. vermutet (siehe auch **Bild 2: Verlauf der Grundwasser-Isohypsen / Grundwassergleichenkarte**).

Die Wasserführung im Untergrund kann mit den benachbarten Mühlenflüssen sowie verschiedenen Seen und weiträumig mit der Spree, die den Vorfluter darstellen / darstellt, im Zusammenhang stehen.

Dabei handelt es sich derzeit (jahreszeitlich bedingt / August 2024) um einen eher mittleren (Sommer) bis tendenziell niedrigen (Oktober 2024 / Herbst) Grundwasserstand.

Jahreszeitlich bedingt, ist derzeitig / Baugrunderkundung hier im Sommer mit mittleren und tendenziell bzw. im Herbst mit eher niedrigen sowie im Frühjahr mit hohen Grundwasserständen zu rechnen bzw. ist von diesen auszugehen.

Es können jahreszeitlich bedingt geringere Flurabstände auftreten, als zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung angetroffen (Grundwasserspiegelschwankungen).

Erfahrungsgemäß ist mit Grundwasserspiegelschwankungen, d. h. einem Ansteigen des Grundwasserspiegels, in einem z. T. größeren Zeitraum (Jahre / Jahrzehnte) von bis zu einem Meter, unter Umständen darüber hinaus - Schwankungsbreite des Grundwasserspiegels -, zu rechnen.

Für das Untersuchungsgebiet sollte demnach von einem **Höchstgrundwasserstand (HGW)** auszugehen sein, dessen Ordinate etwa 0,5 bis max. 1,0 m oberhalb des derzeitig ange-troffenen Grundwasserstandes - hier nur bei der Bohrung BS 2 relevant, d. h. bei etwa max. **8,5 m unter GOK für die Bohrung BS 2** als Schätzwert liegt bzw. liegen wird!

Für den Standort entspricht dies einer Ordinate (NN / NHN) des **Höchstgrundwasserstandes** **HGW = Bemessungswasserstandes von ca. +40,60 m NN / NHN / bei BS 2**. Zusätzlich ist bei einer Abdichtung von Bauwerken gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser / nicht aufstauendes Sickerwasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W1-E (früher DIN 18195-4) sowie gegen drückendes Wasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W2-E (früher DIN 18195-6) ein Sicherheitsabstand von 0,3 m zum HGW = $HGW + 0,3\text{ m} = 8,2\text{ m}$ unter GOK = +40,9 m NN / NHN bei der Bohrung BS 2 einzuhalten. Für den Nachweis der Auftriebssicherheit kann der zuvor genannte und eingeschätzte HGW mit -8,5 m GOK / Flurabstand angesetzt werden.

Die Angabe zum Höchstgrundwasserstand / HGW ist am Standort für geplante Bauvorhaben, die nicht tiefer als 8,5 m / 8,2 m Sicherheitsabstand (hier nur im Bereich der BS 2 siehe oben) einbinden / einwirken im Prinzip nicht relevant, nicht von Bedeutung. **Insgesamt ist dieses freie Grundwasser incl. HGW für die gesamte Baumaßnahme unbedeutend.**

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
Brandenburg
Hydrogeologische Karten

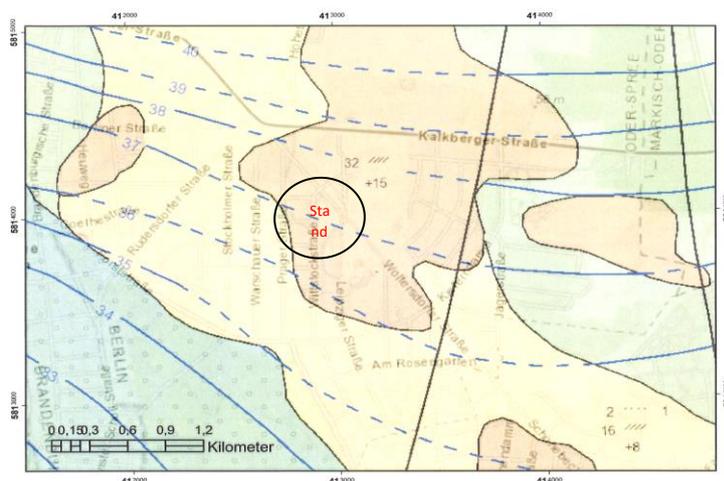


Bild 2: hydrogeologische Karte

(Quelle: LGBR Brandenburg)

Auf dem Bild der hydrogeologischen Karte sind die Grundwassergleichen (Grundwasser-Isohypsen) im **Standort**-bereich (rote Farbgeb.) und der Umgebung dokumentiert und zu erkennen.

Unabhängig davon kann es auf der Oberfläche des Geschiebelehms / ggf. -mergels und von ggf. schluffigen Lagen SU*-Lagen (hier bei BS 3 und auch BS 1, BS 2) oder in sandigen Zwischenlagen (inglazialen Sandlagen des Lehms / ggf. Mergels) bzw. in möglichen sandigeren Bereichen des Lehms / ggf. Mergels zu temporären schwebenden Stau- oder Schichtenwasserführungen kommen. Eine Ausnahme stellen dabei die Bodenverhältnisse in den Bohrungen BS 3 und auch BS 1 sowie BS 2 dar.

Es besteht die Möglichkeit des temporären Auftretens von schwebendem Stauwasser / Grundwasser vor allem in den durchlässigen Sanden (SE / SU) im Bereich der Bohrung BS 3 und im Mutterboden in den Bereichen der Bohrungen BS 1 und BS 2, welches beim Auftreten dann bis ca. 0,5 bis 1 m oberhalb der Geschiebelehm-Oberkante, d. h. bis ca. 2,5 m bis 3,0 m (BS 3) unterhalb der Geländeoberkante und bis etwa in Höhe der Geländeoberkante (BS 1 und BS 2) ansteigen kann.

In den Bereichen der Bohrungen vor allem BS 3 und auch BS 1 sowie BS 2 wird aufgrund der angetroffenen Bodenverhältnisse (wasserdurchlässiger Boden Sand / SE und SU und Mutterboden über wasserstauendem Lehm / ggf. Mergel und beim dann Auftreten von Stauwasser demnach der **Höchstgrundwasserstand (HGW)**, d. h. hier **potentiell und temporär auftretendes eher schwebendes Stauwasser** in den durchlässigen Sanden / Böden (SE / SU) und des Mutterbodens oberhalb des Geschiebelehms **in einer Tiefe von ca. 2,5 m bis 3,0 m (BS 3) unter GOK und in Höhe der Geländeoberkante (BS 1 und BS 2) eingeschätzt.**

Die zuvor genannten eingeschätzten **HGW-Ordinaten** dienen als **Bemessungswasserstände / Art HGW Schätzwerte**. Für den Nachweis der Auftriebssicherheit sollten die zuvor genannten eingeschätzten HGW mit -2,5 m bis -3,0 m GOK (BS 3) und in Höhe der GOK (BS 1 u. BS 2) / Flurabstände bzw. kann auch eine Ordinate in Höhe von etwa 1,0 m über dem Gründungsplanum Kellergeschoß (GP KG Schulneubau) angesetzt werden (siehe dazu auch Anlage 2 / Bohrprofile bei BS 1 bis BS 3). Generell können genauere Angaben zum Höchstgrundwasserstand nur bei Bedarf beim Landesamt für Umwelt Land Brandenburg / Potsdam, ggf. Außenstelle Cottbus, i. d. R. kostenfrei, unter Einreichung des Lageplans und der Bohrprofile, vom Bauherren beantragt werden.

3. Feststellungen / Baugrundverhältnisse

Mit den 4 Sondierbohrungen BS 1 bis BS 4 wurden insgesamt relativ homogene bzw. einheitliche Baugrundverhältnisse, d. h. eine voneinander wenig differenzierte Baugrundsichtung (hier überwiegend nichtbindige Sande mit z. T. Lehm Bereichen), was das Antreffen der Boden- / Baugrundsichten anbelangt, nachgewiesen (siehe Anlage 2 / Bohrprofile). Die Mächtigkeit der verschiedenen Bodenschichten (Mutterboden über Sand und Geschiebelehm) schwankt leicht.

1. Mutter- / Oberboden: ± humose Sande

Die Baugrundsichtung bei allen 4 Bohrungen - hier BS 1 bis BS 4 - beginnt oberflächennah mit einer 0,2 m (BS 2), 0,3 m (BS 3 und BS 4) und max. 0,5 m (BS 1) mächtigen **Mutterbodenschicht (Oberboden)** in Form von ± humosen Sanden, die nach DIN 18 196 in die **Bodengruppe OH** einzustufen sind (siehe Anlage 2).

Das Lockergestein ist aufgrund der organischen Bestandteile und der in der Regel sowie auch erkundeten lockeren Lagerung (RS 2 bis RS 4) kompressibel und damit als wenig tragfähig zu bewerten. Nach den Ergebnissen der erkundeten Rammsondierung RS 4 stehen die humosen Böden allerdings auch in mitteldichter bis dichter Lagerung an (hier möglicherweise bzw. sehr wahrscheinlich Befahrung mit landwirtschaftlichen Maschinen oder anderweitige künstliche Verdichtung der Böden), siehe Anlagen 2 und 3. Hier ist bei einer Flachgründung (Bebauung / Verkehrswegebau / Rohrleitungsbau) eine Durchgründung oder ein Bodenaustausch der Schicht durch entsprechendes Material (siehe dazu Kapitel 4) unterhalb von Gründungszonen / -sohlen vorzusehen!

Der Mutter- / Oberboden kann da nichtbindig der Bodenklasse 1 und der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zugeordnet werden. Eine Deklarationsanalyse (UVP) wurde nicht durchgeführt.

2. Geschiebelehm / ggf. -mergel (Grundmoräne)

In den Bereichen der Bohrungen BS 1 bis BS 3 wird direkt der Mutterboden (BS 1 und BS 2) und werden die nachfolgend genannten Sande (BS 3) bis in Tiefen von 1,5 m (BS 2) und 1,7 m (BS 1) bzw. im Tiefenintervall von 3,5 m bis 5,9 m (BS 3) von einem bindigen Sediment (Grundmoräne) vom Geschiebelehm- / -mergel-komplex, hier in Form von kalkfreiem Geschiebelehm (BS 1 bis BS 3), unterlagert bzw. zwischengelagert.

Der **Geschiebelehm / ggf. -mergel** setzt sich lithologisch im Prinzip aus einem Sand-Schluff-Ton-Gemisch (überwiegend Sand, schluffig, schwach tonig, z. T. Feinkiese und auch aus Sand, (schwach schluffig), schwach tonig, siehe auch Ergebnisse der KVK / Anlage 4 und Bohrprofile / Anlage 2) zusammen und kann als bindiges Lockergestein den **Bodengruppenbereichen SU* bis TL bzw. der Bodengruppe ST***, wie schon vermutet sowie der Bodenklasse 4 und der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zugeordnet werden (siehe auch Anlagen 4 und 2). Eine Deklarationsanalyse (UVP) wurde nicht durchgeführt.

Die Konsistenz des bindigen Bodens / Geschiebelehm wurde bei der BS 3 als „weich und steif“, bei der BS 2 als „steif“ und bei der BS 1 als „steif bis halbfest“ angesprochen (siehe Profile Anlage 2 und Rammsondierdiagramme Anlage 3). Dabei handelt es sich bei dem Geschiebelehm unterhalb des Mutterbodens und innerhalb der Sandserie um den der Weichseleiszeit (siehe auch Bild 1 im Kapitel 2).

Stellenweise kann der Geschiebelehm / -mergel auch sehr sandig, siehe auch Sandlagen bei der BS 2, und dann nur leicht / gering plastisch ausgebildet sein. Es können sich dann schluffige Sande, sehr geringer bis fehlender Plastizität bilden (z. B. schluffige Sande SU*). Es handelt sich dann hierbei um den Suffosionshorizont des Geschiebelehms / ± schluffige Sande (Suffosion: Reduzierung des Feinkornanteils durch Oberflächen- / Sickerwasser, hier Entmischung der meist oberen Bodenzone des Geschiebelehms). Um einen suffodierten Lehm kann es sich auch bei der BS 2 direkt unterhalb des Geschiebelehms im Tiefenbereich von 1,5 bis 1,8 m unter GOK handeln. Diese Sande können dann auch Schichtenwasser führen, wurde nicht angetroffen!

Auftretende Hindernisse im Geschiebelehm / -mergel in Form von Blöcken und Steinen (hier Geschieben) sind nicht auszuschließen. Formal und nach den Ergebnissen des Bohrfortschrittes beim Sondieren sowie auch nach den Ergebnissen der relevanten Rammsondierungen kann die Lagerungsform des Geschiebelehms als mindestens mitteldicht (RS 2) und mitteldicht bis dicht (RS 1 und RS 3) eingestuft werden (= ausreichende Tragfähigkeit), s. Anlagen 2 und 3.

Hohe, zu hohe Schlagzahlen N_{10} können auch auf Hindernisse (Geschiebe) und oder zu hohe Eindringwiderstände (Lagerungsdichten) im Boden beim Sondieren zurückzuführen sein (z. B. bei 4,5 - 5,9 m / RS 3). *Stellenweise auftretende geringere / geringe Schlagzahlen N_{10} (z. B. N_{10} zwischen 3 und 5) bei den Rammsondierungen sind auf den Einfluss der Konsistenz zurückzuführen.* Dies wurde geringfügig bei der RS 3 von 3,5 bis 3,8 m unter GOK erkundet, siehe Ergebnisse der Rammsondierung RS 3, Anlage 3 und der Bohrung Anlage 2).

3. Sande (Hochflächensander und Vorschüttssande / Schmelzwassersande) und Dünensande

Im gesamten Standortbereich (BS 1 bis BS 4) werden die zuvor genannten oberflächennah anstehenden Lockergesteine Mutterboden und auch Geschiebelehm in den Bereichen der Bohrungen BS 1 bis BS 4 direkt von diesen und überwiegend ohne Unterbrechung (außer bei BS 3 durch eine Lehmlage) bis zur Erkundungsendtiefe der Bohrungen von jeweils 10,0 m (BS 1 bis BS 4) unter GOK von natürlich anstehenden nichtbindigen, überwiegend enggestuften Fein- und Mittelsanden sowie von nichtbindigen, schwach schluffigen Fein- und Mittelsanden unterlagert, die nach DIN 18196 der Bodengruppe SE und SU zugeordnet werden können, siehe Anlage 2.

In der Bohrung hier der BS 3 werden die Sande im Tiefenintervall von 3,5 m bis 5,9 m (BS 3) von der Grundmoräne (Geschiebelehm) unter- bzw. eher zwischengelagert.

In den Bohrungen BS 1, BS 2 und BS 4 sind in den Sanden vereinzelt und untergeordnet auch bindige schluffige Lehmlinsen / -lagen oder -bänder eingelagert.

Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen (RS 1 bis RS 4) und entsprechend den Ergebnissen des Bohrfortschrittes beim Sondieren stehen diese Sande in der oberen Bodenzone in überwiegend mitteldichter und mit zunehmender Tiefe hier ab etwa 1 m / 2 m / 3 und 6 m / 1,5 m (BS 1 / BS 2 / BS 3 / BS 4) hauptsächlich in dichter bis sogar sehr dichter Lagerung an (siehe Anlagen 2 und 3). Sande in mindestens mitteldichter und dichter Lagerung, wie erkundet (siehe Anlage 3), sind als ausreichend tragfähig zu bewerten und für Gründungen gut geeignet. Stehen im Baugrund **Sande in lockerer / sehr lockerer Lagerung** (lagerungsgestört) an, wie z. B. und nur in der BS 3 / RS 3 von 0,7 m bis etwa 1,7 m unter GOK, so sind diese zu verbessern. Die **locker / sehr locker gelagerten Sande (Hochflächensande)** sind hier **lagerungsgestört / wenig bis bedingt tragfähig** (siehe Kapitel 2) und deshalb **unterhalb von Gründungssohlen / -zonen, wie z. B. beim Hausbau / Schulneubau / Sporthallenbau mit und vor allem ohne Keller sowie auch beim Verkehrswegebau und Rohrleitungsbau, unbedingt entsprechend nachzuverdichten** (siehe Kapitel 4)!

Hier sollten unterhalb des Gründungsplanums und unterhalb von Gründungszonen von Bebauungen und Rohrleitungen auch ggf. des Straßenplanums baugrundverbessernde Maßnahmen wie Nachverdichtungen oder Durchgründungen, ggf. ein Bodenaustausch vorgenommen und Verdichtungskontrollen durchgeführt werden!

Die Mächtigkeit / Dicke (D) der Sandserie lag an den o. g. Sondierpunkten zwischen $D_{\min.} = 3,2 \text{ m} / 4,1 \text{ m}$ (BS 3) und $D_{\max.} = 9,7 \text{ m}$ (BS 4) und sicherlich auch mehr ($> 10 \text{ m}$). Es handelt sich hierbei oberflächennah um glazifluviale Hochflächensande (Sander) und um weichelspätglaziale bis holozäne Dünensande (siehe geolog. Karte Bild 1) und darunter sowie unterhalb der Grundmoräne (Lehm) überwiegend um die glazifluviatilen Vorschüttsande, die i. d. R. so wie auch erkundet in bereits sehr konsolidierter bzw. diagenetisch verfestigter Form vorliegen. Siehe Ergebnisse der relevanten Rammsondierungen (hier sehr hohe Eindringwiderstände N_{10} / Schlagzahlen / Anlage 3).

Die Basis der Sande, die in die Bodenklasse 3 eingestuft werden können, wurde an allen 4 Bohrstellen (BS 1 bis BS 4) nicht durchteuft bzw. nicht erreicht. Eine Deklarationsanalyse (UVP) wurde auch hier nicht durchgeführt.

Bewertung:

Der maßgeblich erkundete Mutter- / Oberboden (OH) ist aufgrund seiner humosen, organischen Bestandteile kompribel und insbesondere auch in lockerer Lagerung, wie erkundet, kompribel und genauso wie die auch angetroffenen locker / sehr locker gelagerten Sande (SE / SU bei der BS 3 / RS 3) als kompribel und damit als wenig tragfähig / OH (Sand SE / SU bis bedingt tragfähig) zu bewerten.

Diese zuvor genannten, insbesondere humosen und locker gelagerten Bodenarten Mutterboden OH und auch Sande SE / SU sind als Baugrund / Wohnbebauung / Schulneubau mit Sporthalle generell und auch im Rohrleitungsbau sowie auch im Verkehrswegebau wenig bzw. nur bedingt geeignet und unterhalb des Gründungs-Planums insgesamt zu verbessern, d. h. nachzuverdichten (lockerer Sand), zu durchgründen bzw. vollkommen (OH) und / oder teilweise (bei großer Mächtigkeit) auszutauschen (unter Verwendung von Geotextilien, außer bei reinen Fremdstofflagen Rohrleitungsbau / Verkehrswegebau) und dann zu ersetzen (Bodenaustausch), näheres mit Schlussfolgerungen siehe im Kapitel 4.

Dagegen sind die unterhalb der zuvor genannten Böden / Mutterboden (OH) und locker gelagerte Sande (SE / SU) natürlich anstehenden Lockergesteine - hier maßgeblich erkundete und vorkommende nichtbindige Sande (SE) / (SU) sowie Lehm / ggf. Mergel (SU* - TL / ST*) in mindestens mitteldichter bis dichter, sogar sehr dichter Lagerung und in ausreichend tragfähiger Konsistenz (Lg / ggf. Mg), wie fast ausschließlich (außer bei der BS 3: 3,5 - 3,8 m) auch so nachgewiesen - als Baugrund generell und auch im Verkehrswegebau / Straßenbau, Rohrleitungsbau usw. als ausreichend tragfähig zu bewerten und demnach für die geplante Baumaßnahme gut geeignet.

Bodenart und Boden- / Berechnungskennwerte

Die Kennwerte der für die Baumaßnahme relevanten Bodenschichten aus den Bohrungen BS 1 bis BS 4 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Schicht 1 – Mutter- / Oberboden: Sand, ± humos

Kurzzeichen nach DIN 4022 (alt) /	
Bodenart nach DIN 4023:	Mu: fS, ms, h - h', z. T. fG
Kurzzeichen nach DIN 18196:	OH
Lagerungsdichte:	überw. i. d. R. <u>locker</u> (z. T. mitteldicht)
Wichte des erdfeuchten Bodens γ :	17,0 kN/m ³ (bis 18,0 kN/m ³)
Wichte unter Auftrieb γ' :	9,0 kN/m ³ (bis 10,0 kN/m ³)
Winkel der inneren Reibung Φ' :	20° / locker (bis 28° / mitteldicht)
Kohäsion c' :	0 kN/m ²
Steifemodul E_s :	8 MN/m ² (<u>locker</u>) / 15 MN/m ² (mitteldicht)
Organischer Anteil:	1,5 - max. 10 M.-%
Wassergehalt:	2 - 10 M.-%

Anteil Steine:	< 2 %
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k:	1×10^{-5} bis 5×10^{-5} m/s (gesch.) / durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18300 (alt): 2012:	BK 1 "Oberboden / Mutterboden"
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17:	F 2 "gering bis mittel frostempfindlich"

Die humosen Sande des Mutterbodens / Oberbodens sind aufgrund der organischen Bestandteile und der i. d. R. sowie erkundeten lockeren Lagerung kompressibel und somit als wenig tragfähig zu bewerten.

Sie sind für Gründungen ungeeignet. Hier ist bei einer Flachgründung (z. B. Hausbau ohne Keller), Verkehrswegebau (Planum) und ggf. Rohrleitungsbau (RLZ) ein Bodenaustausch unter der Gründungssohle / dem Planum oder eine Durchgründung dieses Bodens erforderlich!, siehe Kapitel 4.

Schicht 2 – Geschiebelehm / ggf. -mergel (Grundmoräne)

Kurzzeichen nach DIN 4022 (alt) /

Bodenart nach DIN 4023: Lg / ggf. Mg; S, u, t', z. T. fG (SU* - TL) und S, (u'), t' (ST*)

Bemerkung zu Bodenart: Lg suffodiert dann S, u / SU*
3 x Proben (P... / KVK) für komb. Sieb- / Schlämmanalysen $9,3 \times 10^{-6}$ m/s für ST* und $9,5 \times 10^{-8}$ bis $1,5 \times 10^{-8}$ m/s für SU*-TL
SU*, ST*, TL

Kurzzeichen nach DIN 18196:

Feinkornanteil $d \leq 0,063$ mm: ca. 25 bis 45 M.-% (Lg / Mg)

15 bis 40 M.-% (SU*)

Lagerungsdichte: formal nach relev. RS mitteldicht und dicht

Konsistenz: weich, steif, (bis halbfest)

Plastizität: leicht plastisch (Lg / Mg z. T. sehr sandig, dann gering plastisch / ohne plast. Eigens.)

Kalkgehalt: (0) kalkfrei/Lg 0 % u. (+) kalkhaltig/Mg -15 %

Wichte über Wasser γ : 20 / 21 / 22 kN/m³ (weich / steif / halbfest)

Wichte unter Wasser γ' : 10 / 11 / 12 kN/m³ (weich / steif / halbfest)

Kohäsion c' : 0 / 2 / 5 kN/m² (weich / steif / halbfest)

Undrainierte Scherfestigkeit c_u : 20 / 100 kN/m²

Steifemodul E_s : 15 / 25 / 35 MN/m² für SU* - TL (weich / steif / halbfest)

30 / 40 MN/m² für SU* (mitteldicht / dicht)

Winkel der inneren Reibung Φ' :	27,5° Lg / Mg 28 / 30 / 32° für SU* (lo. / mitteldicht / dicht)
Organischer Anteil:	< 1 - 2 M.-%
Wassergehalt:	ca. 5 - 30 M.-%
Anteil Steine / ggf. Blöcke:	< 3 %
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k:	1 x 10 ⁻⁹ bis 1 x 10 ⁻⁷ m/s (geschätzt) Lg / Mg 5 x 10 ⁻⁶ bis 1 x 10 ⁻⁷ m/s (geschätzt) SU*
<u>nach Siebung</u>	<u>9,5 x 10⁻⁸ bis 1,5 x 10⁻⁸ m/s (Anl. 4) SU*-TL</u> <u>und 9,3 x 10⁻⁶ m/s (Anl. 4) ST*</u>
nach DIN 18130-1: Durchlässigkeit	sehr schwach bis schwach durchlässig (SU* - TL) / schwach durchlässig (ST*) schwach durchlässig (SU*)
Versickerungsfähigkeit:	nicht versickerungsfähig (SU* - ST* / TL) nicht bis bedingt versickerungsfähig (SU* / ST*)
Bodenklasse nach DIN 18300 (alt): 2012:	BK 4 "mittelschwer lösbar Bodenarten"
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17:	F3 "sehr frostempfindlich"

Der Geschiebelehm / -mergel weist formal und nach den Ergebnissen der Rammsondierungen eine mitteldichte bis dichte Lagerung und eine weichplastische und steifplastische sowie auch eine steifplastische bis halbfeste Konsistenz auf. Er ist in dieser Zustandsform für Bebauungen und Gründungen geeignet.

Eventuell anzutreffender aufgeweichter Lehm / Mergel und ggf. anzutreffender locker gelagerter schluffiger Sand / SU ist bedingt tragfähig und sollte verbessert (Kalken, Lehm / Mergel) oder ausgetauscht werden (siehe Hinweise am Ende im Kapitel 4).*

Schicht 3 -nichtbindige Sande, - / Schmelzwassersande / Dünensande- (SE) / (SU)

Kurzzeichen nach DIN 4022 (alt) /

Bodenart nach DIN 4023:	fS, ms* / fS + mS / fS + mS, gs' fS, ms*, u' / fS, ms, gs', u', fG'' (lehmig / Lagen Bänder) / mS, fs', gs', u' (lehmig / Lagen Bänder)
	12 x Proben (P... / KVK) für Naßsiebungen 5,3 x 10 ⁻⁵ bis 1,7 x 10 ⁻⁴ m/s für SE und 1,0 x 10 ⁻⁵ bis 7,6 x 10 ⁻⁵ m/s für SU
Kurzzeichen nach DIN 18196:	SE / SU

Feinkornanteil $d \leq 0,063$ mm:	ca. < 5 M.-% / SE und 5 bis 15 M.-% / SU
Ungleichförmigkeitszahl C_u :	ca. 1,5 - 3
Lagerungsdichte:	<u>(locker) / überw. mitteldicht / dicht</u>
Wichte des erdfeuchten Bodens γ :	<u>(17,0) / 18,0 / 19,0 kN/m³</u>
Wichte unter Auftrieb γ' :	<u>(9,0) / 10,0 / 11,0 kN/m³</u>
Winkel der inneren Reibung Φ' :	<u>(30°) / 32,5° / 35°</u>
Kohäsion c' :	0 kN/m ²
Steifemodul E_s :	<u>(15 MN/m² (locker)) / 30 MN/m²</u>
(mitteldicht)	<u>50 MN/m² (dicht)</u>
Organischer Anteil:	< 1 - 3 M.-%
Wassergehalt:	ca. 2 - 25 M.-%
Anteil Steine:	< 3 - 5 %
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k :	
<u>nach Siebung</u>	<u>5,3 x 10⁻⁵ bis 1,7 x 10⁻⁴ m/s (Anl. 4) für SE</u>
des Weiteren geschätzt	ca. 1 x 10 ⁻⁴ bis 5 x 10 ⁻⁴ max. 1 x 10 ⁻³ m/s
	für Mittel- und Grobsand (geschätzt) für SE
<u>nach Siebung</u>	<u>1,0 x 10⁻⁵ bis 7,9 x 10⁻⁵ m/s (Anl. 4) für SU</u>
des Weiteren geschätzt	ca. 1 x 10 ⁻⁵ bis 1 x 10 ⁻⁴ m/s für SU
nach DIN 18130-1: Durchlässigkeit	stark durchlässig für SE / durchlässig für SU
Versickerungsfähigkeit:	versickerungsfähig für SE und SU
Bodenklasse nach DIN 18300 (alt): 2012:	BK 3 "leicht lösbare Bodenarten" SE / SU
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17:	F 1 "nicht frostempfindlich" SE / SU

Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen stehen diese Sande in überwiegend mitteldichter und mit zunehmender Tiefe (ab ca. 1 / 2 / 3 und 6 / 1,5 m bis zur Endteufe BS 1 / BS 2 / BS 3 / BS 4) auch dichter / sehr dichter Lagerung an (siehe Anlagen 2 und 3). Sie sind damit in diesen Bereichen als ausreichend tragfähig zu bewerten und somit für Bebauungen und Gründungen generell sehr gut geeignet.

Sollten im Baugrund ggf. Sande in lockerer Lagerung (lagerungsgestört) angetroffen werden, sehr untergeordnet und oberflächennah z. B. bei der BS 3 von 0,7 m bis 1,7 m unter GOK), so sind diese zu verbessern. Hier sollten dann unterhalb des Gründungsplanums und unterhalb von Gründungszonen baugrundverbessernde Maßnahmen wie Nachverdichtungen oder Durchgründungen, ggf. ein Bodenaustausch vorgenommen und Verdichtungskontrollen durchgeführt werden! Eventuell können auch die Berechnungskennwerte herabgesetzt werden bzw. jene für Sand SE / SU in lockerer Lagerung berücksichtigt werden.

Einzelheiten zur Baugrundsichtung, zu den Schichtgrenzen, dem Schichtenaufbau können den Bohrprofilen (Anlage 2), den Rammdiagrammen (Anlage 3) und den bodenmechanischen Untersuchungsergebnissen / Siebanalysen (Anlage 4) entnommen werden.

Homogenbereiche

Für den im Rahmen der Bauausführung erforderlichen und zu realisierenden Baugrubenaushub und nach den durch die Baugrunderkundung angetroffenen Bodenschichtungen ergeben sich folgende Homogenbereiche:

Homogenbereich 1: Ober- / Mutterboden, humose Sande (ggf. als Auffüllungen)

Nr.	Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich 1 <u>Schicht 1</u>
1	Kornverteilung	nicht maßgeblich
2	Anteil Steine / Blöcke	< 2 - max. 10 % bei Auffüllung deutlich > 20 % (Auffüllung / Fremdstoffe)
4	Wichte im feuchten Zustand	15,0 - 18,0 kN/m ³ OH / ggf. [OH]
7	Undrainierte Scherfestigkeit	1,5 – 3,0 kN/m ²
9	Wassergehalt	2,0 – 8,5 / 10 M.-%
11	Plastizität, Ausrollgrenze, Fließgrenze	nicht plastisch / nicht relevant
14	Lagerungsdichte	locker, mitteldicht
16	Organischer Anteil	1,0 - 3,0 / max. 10,0 M.-% OH / [OH]
20	Bodengruppe	OH, (ggf. [OH])
21	Ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden (ggf. Auffüllung humose Sande)

Tiefenlage / Mächtigkeit: 0,0 – 0,2 / 0,3 m / max. 0,5 m OH unter GOK

Einstufung nach EB-V für Bodenmaterial = BM0*, ggf. BMF (nach ehem. LAGA Boden = Z 0 / für Auffüllung ggf. Z 1 bis Z 2 nach LAGA Bauschutt geschätzt)

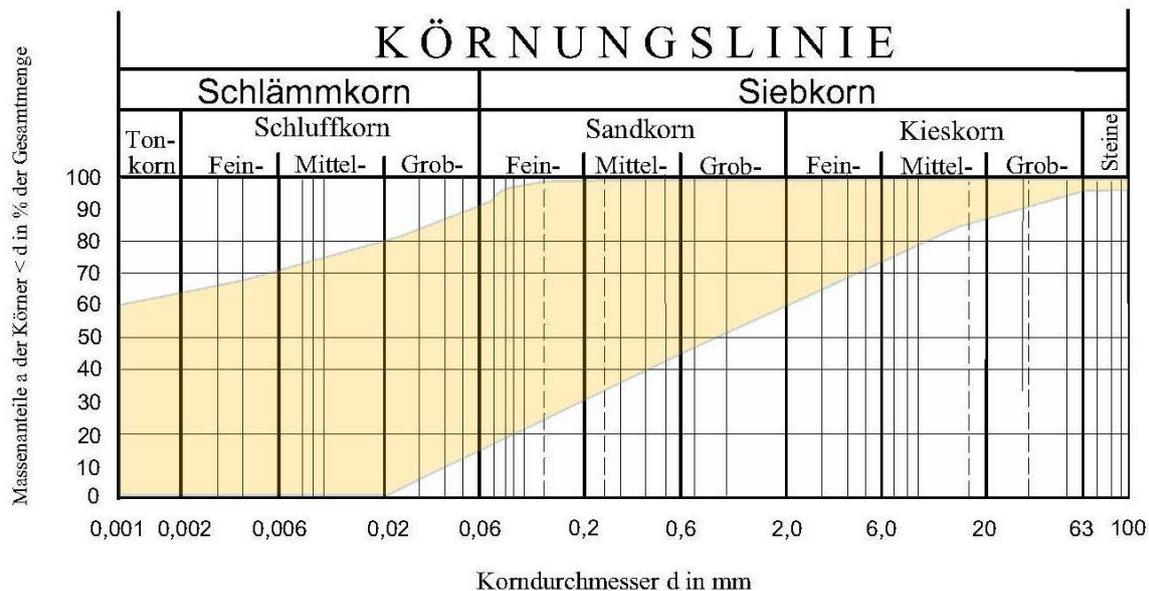
(ggf. Einstufung nach BBodSchV / BundesBodenSchutzVerordnung)

Als Auffüllung nach EB-V: ggf. BM-F bzw. nach LAGA Boden: Z 1 bis Z 2

Homogenbereich 2: Geschiebelehm / ggf. Geschiebemergel (ggf. schluffige Sande / SU*)

Nr.	Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich 2 <u>Schicht 2</u>
1	Kornverteilung	Siehe Korngrößenverteilungen Anlage 4 und siehe Schätzwerte im Kapitel 3
2	Anteil Steine / Blöcke	< 3 %
4	Wichte im feuchten Zustand	20,0 - 21,0 - 22,0 kN/m ³ (weich - steif - halbfest)
5	Reibungswinkel	(25° - 30°) i. M. <u>27,5°</u> und ggf. 28 / 30 / 32° für SU* (locker / mitteldicht / dicht)
6	Kohäsion	<u>0 - 2 - 5 kN/m²</u> (für weich - steif - halbfest)
7	Undrainierte Scherfestigkeit	20 – 100 kN/m ²
9	Wassergehalt	ca. 5 – 30 M.-%
10	Konsistenz	<u>weich, steif, halbfest</u>
11	Plastizität, Ausrollgrenze, Fließgrenze	leicht plastisch Lg / Mg (bis nicht plastisch SU*)
13	Durchlässigkeit	schwach durchlässig - sehr schwach durchlässig
14	Lagerungsdichte	mitteldicht bis dicht (formal nach RS / DPL)
15	Kalkgehalt	0 - 15 % (für Lg / Mg)
16	Organischer Anteil	< 1 - 2 M.-%
20	Bodengruppe	SU*, ST*, TL (Lg/Mg) und SU* (schluffige Sande)
21	Ortsübliche Bezeichnung	Geschiebelehm / ggf. -mergel (ggf. unterg. ± schluffige Sande)

Tiefenlage / Mächtigkeit / Tiefenintervalle: 0,2 – 1,5 m / 0,5 - 1,7 m und 3,5 - 5,9 m unter GOK (Lg- Verbreitung unter dem Oberboden und in den Sanden SE / SU siehe Anlage 2)
Einstufung nach EB-V für Bodenmaterial voraussichtlich BM0* für nat. Boden Lg / Mg auch aufgrund der Tiefenlage (nach ehem. LAGA Boden = voraussichtlich Z 0 / für nat. Boden Lg / Mg)

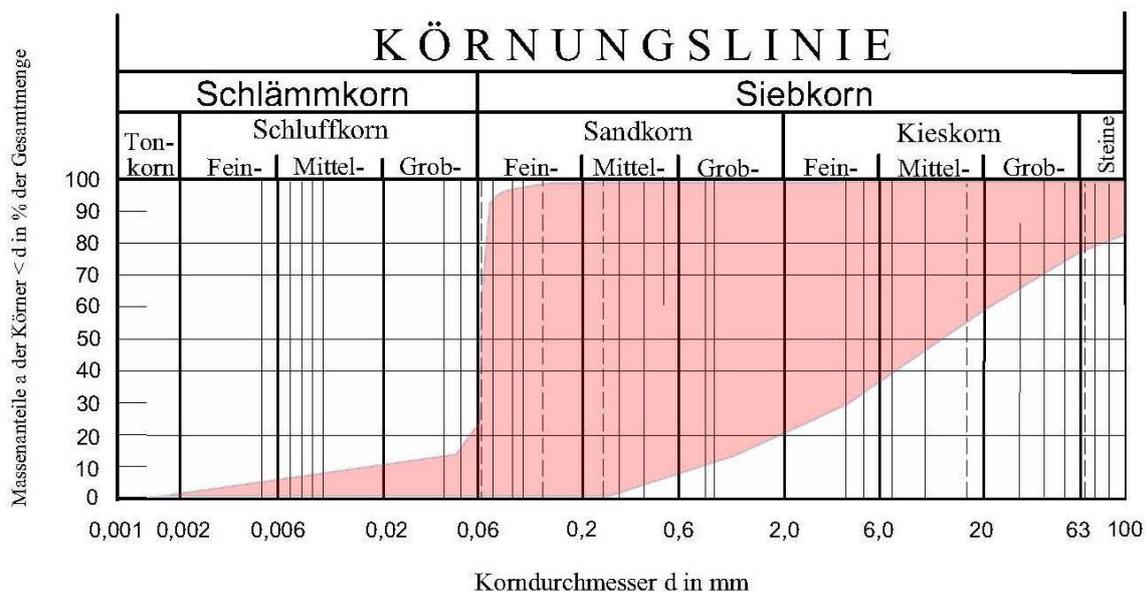


Sieblinienabschnitt **Homogenbereich 2**

Homogenbereich 3: natürliche Sande SE / SU (ggf. als Auffüllungen)

Nr.	Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich 3 <u>Schicht 3</u>
1	Kornverteilung	Siehe Korngrößenverteilungen Anlage 4 und siehe Schätzwerte im Kapitel 3
2	Anteil Steine	< 3 - 5 % (ggf. Auffüllung bis 10%)
2.1	Anteil Blöcke	< 1 %
4	Wichte im feuchten Zustand	(17,0) / 18,0 - 19,0 kN/m ³
5	Reibungswinkel	{30°}, 32,5 - 35°
7	Undrainierte Scherfestigkeit	(0,5 - 1,0 kN/m ²) / überwiegend keine
9	Wassergehalt	ca. 2 - 25 M.-%
10	Konsistenz	keine
11	Plastizität, Ausrollgrenze, Fließgrenze	nicht plastisch
13	Durchlässigkeit	durchlässig / SE z. B. Feinsand und SU sowie, hier eher stark durchlässig / SE
14	Lagerungsdichte	auch locker, eher mitteldicht bis dicht / sehr dicht
16	Organischer Anteil	< 1 - 3 M.-%
20	Bodengruppe	SE / SU (ggf. auch [SE] / [SU] Auffüllung)
21	Ortsübliche Bezeichnung	Dünensande / Hochflächensander / Vorschüttsande SE / SU

Tiefenlage / Mächtigkeit: 0,3 - 3,5 m - 5,9 - 10,0 m und 1,5 / 1,7 bis max. 10,0 m unter Ansatzniveau / GOK
 Endteufe unter Ansatzniveau / GOK für natürlichen Boden SE / SU
 Einstufung nach EB-V für Bodenmaterial voraussichtlich BM0* für nat. Boden SE / SU auch aufgrund der Tiefenlage (und für ggf. Sand-Auffüllung [SE / SU] wahrscheinlich BMF oder RC 1 bis RC 3)
 (nach ehem. LAGA Boden = voraussichtlich Z 0 / für nat. Boden SE / SU und für Auffüllung voraussichtlich ggf. Z 1 bis Z 2 nach LAGA Bauschutt geschätzt)



Sieblinienabschnitt **Homogenbereich 3**

4. Baugrundeignung / Gründungstechnische Schlussfolgerungen

Allgemeine Bebaubarkeit / Baugrundeignung

Der Baugrund ist im gesamten erkundeten Untersuchungsgebiet im Bereich der vorgesehenen Gestaltung des Areals bzw. der Teilfläche Flur / Flurstücke, siehe Anlage 1 / Lageplan /U6/, im B-Plan-Verfahren zur städtebaulichen Entwicklung, hier B-Plan Nr. 25/19 „Weiterführende Schule Wittstockstraße / Woltersdorfer Straße Gemeinde Schöneiche“ /U6/, bzw. der Straßenerschließung und -entwässerung und der generellen Entwässerung des Geländes sowie vor allem der Erschließung einer Bebauung, hier des Schulneubaus, d. h. für die geplante Flachgründung des mehr- / 4-geschossigen Bauwerkes mit Keller (Schulneubau) als auch ohne Keller hier ggf. Sporthalle (siehe Anlage 1) und auch für die angrenzende Straßenerschließung / den Straßenneubau und die Errichtung peripherer Anlagen (wie Verkehrswege zum und Stellplätze auf dem Grundstück) als auch für Medien-Erschließungen (wie Rohrleitungsbau etc.) generell und ab den nachfolgend genannten frostfreien (0,8 m) sowie aus den Baugrundverhältnissen resultierenden Mindestgründungstiefen (> 0,2 - 0,5 m / BS 1 – BS 4 / OH sowie max. erkundet > 1,7 m / BS 3, siehe lockere Lagerung der natürlichen Sande bis 1,7 bei BS 3), d. h. im Prinzip überwiegend ohne größere Einschränkungen und Auflagen (außer Areal mit größerer lockerer Lagerung SE / SU Bereich der BS 3 / RS 3) grundsätzlich sowie unter Berücksichtigung der nachfolgend genannten Gründungsempfehlungen und Gründungsarten geeignet.

Die im Baugrund für die Gründung des Bauwerkes (Schulneubau mit Sporthalle) und die Errichtung von angrenzenden Verkehrsanlagen (Straßen, Wege und Stellplätze) mit Entwässerungsanlagen sowie die Erschließung von Medien (Leitungen) maßgeblich erkundeten natürlich anstehenden mindestens mitteldicht und dicht (sehr dicht) gelagerten nichtbindigen Sande SE / SU sowie auch der innerhalb der Sande eher sporadisch und relativ geringmächtig aufgeschlossene auch tragfähige bindige Geschiebelehm / SU* - TL, ST* (siehe Schwäche-zonen, hier erkundeter wenig tragfähiger oberflächennaher Mutterboden 0,2 - 0,5 m / BS 1- BS 4 sowie locker gelagerte Sande bis 1,7 m bei BS 3 / RS 3) besitzen auch unterhalb der geplanten Gründungstiefe / Gründungssole von Bauwerken z. T. ohne Unterkellerung (Sporthalle) und mit Kellergeschoß (Schulneubau) von i. d. R. 2 bis 3 m, i. M. ca. 2,5 m unter GOK = Unterkante Bodenplatte = ca. +48,0 m bis +46,6 m NHN (BS 1 - BS 4 bzgl. der Höhenangaben an den Bohrpunkten) sowie unterhalb von normalen Gründungstiefen von Verkehrsanlagen und Verlegetiefen von Medien (Leitungen) und unterhalb einer gemäß DIN 1054 frostsicheren Mindestgründungstiefe von 0,8 m unter GOK (als auch aus den Baugrundverhältnissen resultierenden Mindestgründungstiefen von 0,2 - 0,5 m / BS 1-BS 4, Mutterboden und von 1,7 m / BS 3, wenig bis bedingt tragfähige locker gelag. Sande) eine mindestens mitteld. Lagerung, und somit eine ausreichende Tragfähigkeit.

Der erkundete Baugrund (mindestens mitteldicht gelagerte nichtbindige Sande SE/SU, Schicht 3 und der ebenfalls mindestens mitteldicht gelagerte, weich- bis steifplastische bzw. steifplastische und steifplastische bis halbfeste, insgesamt tragfähig aufgeschlossene Geschiebelehm, Schicht 2) ist für die geplante Flachgründung des Schulgebäudes maßgeblich mit und auch ohne (z. B. Sporthalle) Kellergeschoß sowie für die Gründung von Verkehrswegen und die Erschließung von Medien (Leitungsbau) generell und ab den zuvor genannten Mindestgründungstiefen (frostfrei und aus den Baugrundverhältnissen resultierend) geeignet.

Unter Berücksichtigung der im Kapitel 3 angeführten Empfehlungen (*bzgl. der humosen Böden, wie Mutter- / Oberboden OH, auch einer humosen Sand-Auffüllung [OH] und der locker gelagerten natürlichen Sande SE / SU, hier wenig tragfähige Lockergesteine / d. h. Durchgründung bzw. Bodenaustausch und Nachverdichtung der Böden unter Gründungssohlen und dem Planum / Straßenplanum*) stellen den tragfähigen Baugrund im gesamten erschlossenen Standortbereich (*außer Bereiche mit o. g. Mutterboden, einer möglichen humosen Sand-Auffüllung und dem locker gelagerten Sandbereich bei BS 3 / RS 3*) die maßgeblich verbreiteten und erkundeten natürlich anstehenden, mindestens mitteldicht und auch dicht (sehr dicht) gelagerten nichtbindigen Sande SE / SU als auch der ausreichend tragfähig erkundete bindige Geschiebelehm / ggf. auch als -mergel dar.

Am Standort ist das ab folgenden Tiefen bzw. Ordinaten (Ordinaten erkundeten tragfähigen Baugrunds bzgl. Ansatzniveau: Geländeoberkante / GOK = NN / NHN) der Fall:

BS 1 / RS 1:	t = 0,5 m unter Ansatz / GOK	=	+ 50,0 m NN / NHN
BS 2 / RS 2:	t = 0,2 m unter Ansatz / GOK	=	+ 48,9 m NN / NHN
BS 3 / RS 3:	t = 0,3 / 1,7 m lo. Lag. SU u. Ansatz / GOK	=	+ 49,3 / +47,9 m NN / NHN
BS 4 / RS 4:	t = 0,3 m unter Ansatz / GOK	=	+ 49,2 m NN / NHN

Die genannten humosen Lockergesteine wie Mutterboden OH und ggf. anzutreffende humose Sand-Auffüllung [OH] und die teils locker gelagerten Sande SE / SU sind aus den genannten Gründen (siehe Kapitel 3) als wenig tragfähig und bedingt tragfähig (SE/SU) zu bewerten und für Bebauungen sowie Gründungen wenig oder eher nicht geeignet.

Diese Böden sind hier unterhalb von Gründungszonen / -sohlen / vom Planum von Bauwerken, Verkehrswegen und Rohrsohlen zu durchgründen, nachzuverdichten bzw. auszutauschen (Bodenaustausch / ggf. Teilbodenaustausch - unter Verwendung von Geokunststoffmaterialien - dieser Böden unter Gründungssohlen z. B. bei Verkehrswegen / Straßenbau und Rohrsohlen / Medienerschließungen, siehe Kapitel 4).

In den folgenden Abschnitten wird zwischen den Bereichen der

1. Erschließung einer Bebauung, hier des Schulneubaus (Errichtung einer 4-geschossigen Schule mit Unterkellerung und einer Sporthalle wahrscheinlich ohne Unterkellerung im Bereich Fläche für den Gemeindebedarf - BS 1 bis BS 4 (Bebauung) -

sowie der

2. Straßenerschließung / Straßenneubau und Straßenentwässerung (Straße / Grundstück) (= Verkehrswegebau / Errichtung peripherer Anlagen (angrenzende Straßenerschließung / Straßenneubau und Errichtung peripherer Anlagen wie Verkehrswege zum und Stellplätze auf dem Grundstück) - BS 1 bis BS 4 - (Erschließung / Entwässerung)

und incl. der

3. Medien-Erschließungen (Tief- / Rohrleitungsbau, hier Neu- und ggf. Umverlegungen im Rahmen der Gesamtbaumaßnahme)

- BS 1 bis BS 4 - (Erschließung Straße und Grundstück)

unterschieden.

1. Erschließung einer Bebauung - Neubau / Gründung einer Schule mit Sporthalle (Bauwerke) - BS 1 - BS 4 -

Für die Bereiche Neubau / Gründung von Bauwerken, hier die vom AG vorgesehenen Bereiche z. B. Schulgebäude mit Kellergeschoß und z. B. Sporthalle sicherlich ohne Kellergeschoß (BS 1 bis BS 4), werden hier folgende Gründungsempfehlungen gegeben:

- Neubau / Gründung einer Schule - Bauwerk mit Kellergeschoß - (BS 1 - BS 4)-

Der Baugrund (*mindestens mitteldicht gelagerte nichtbindige Sande SE / SU, BS 1 bis BS 4*) ist für die geplante Flachgründung von Gebäuden hier Schulgebäude mit Kellergeschoß / Bereiche BS 1 bis BS 4 generell und ab den zuvor genannten Mindestgründungstiefen (frostfrei = 0,8 m und ggf. auch aus den Baugrundverhältnissen resultierend > 1,7 m / BS 3 / RS 3) bzw. der generell für Gebäude (auch Wohnhäuser) mit Unterkellerung i. d. R. praktizierten Gründungstiefe des Kellers (zwischen 2 m und 3 m unter GOK, i. M. 2,5 m unter GOK = Unterkante Bodenplatte = ca. +48,0 m bis +46,6 m NHN (BS 1 - BS 4 bzgl. der Höhenangaben an den Bohrpunkten), sowie auch für einen Souterrainbaustil) flach auf einer bewehrten Bodenplatte (wie sicherlich vorgesehen bzw. üblicherweise praktiziert bzw. ggf. auch flach auf Streifenfundamenten) geeignet.

Das geplante Schulgebäude mit Keller (Bereiche BS 1 bis BS 4) kann in der angenommenen und sicherlich auch in etwa vorgesehenen Gründungstiefe von i. M. 2,5 m unter Geländeoberkante bzw. = Unterkante Bodenplatte = ca. +48,0 bis +46,6 m NHN (nach Vermessung! bei BS 1 - BS 4 bzgl. der Höhenangaben an den Bohrpunkten) *und auch im möglicherweise vorgesehenen Souterrainbaustil (Haus hier nur geringfügig in den Baugrund einbindend)* flach auf einer bewehrten Bodenplatte (wie üblicherweise praktiziert) bzw. ggf. auch flach auf Streifenfundamenten in den tragfähigen, mindestens mitteldicht gelagerten und in der o. g. Gründungstiefe (GT) von i. M. 2,5 m unter GOK hier maßgeblich verbreiteten Sanden (SE / SU) gegründet werden. Der Vorteil der Gründung des Kellergeschosses in den mindestens mitteldicht gelagerten Sanden (SE / SU) liegt in der Abdichtungsproblematik begründet. So ist bei einer Gründung des Kellergeschosses unterhalb der Geschiebelehmlagen (hier $GT > 1,7 / > 1,5$ m bei BS 1 und BS 2) sowie deutlich oberhalb der Geschiebelehmlage bei BS 3 (hier GT zwischen min. 1,7 und max. 2,5 m, siehe lockere Lagerung und Einschätzung HGW bei BS 3) eine Bauwerks-Abdichtung des Kellers gegen drückendes Wasser nach W2-E i. d. R. nicht mehr erforderlich (siehe auch weiter unten). Es wird daher sehr empfohlen, die GT des Kellergeschosses wie beschrieben anzusetzen, d. h. den Lehm im Bereich der BS 1 und BS 2 zu durchgründen und im Bereich der BS 3 (unter Beachtung der HGW-Angabe, siehe Kap. 2) deutlich oberhalb der Lehmlage zu bleiben. Dabei sollte die Baugrube im Bereich der BS 1 und BS 2 etwa um 1 m größer, d. h. breiter als geplant gestaltet werden, damit anfallendes Regenwasser in den trockenen und versickerungsfähigen Sanden SE / SU darunter ungehindert versickern kann.

Eine Gründung des geplanten Schulgebäudes auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte wird empfohlen und hat generell den Vorteil der Verhinderung / Minimierung / des Ausgleichs von Setzungsunterschieden in der Gründungsfuge / -sohle - z. B. bedingt durch hier ggf. unterschiedlich dicht gelagerte Böden oder sogar verschiedenartige Böden in der GT mit voneinander differierenden Tragfähigkeitseigenschaften in der Gründungssohle.

Des Weiteren wird bei der geplanten bzw. angenommenen Gründungstiefe von i. M. 2,5 m unter GOK = Unterkante Bodenplatte = ca. +48,0 bis +46,6 m NHN (nach Vermessung! bei BS 1 - BS 4 bzgl. der Höhenangaben an den Bohrpunkten) von einer Durchgründung der Lehmlage bei BS 1 und BS 2 ausgegangen.

Bei der zuvor genannten angenommenen Gründungstiefe des Kellers von i. M. 2,5 m unter GOK = ca. +48,0 bis +46,6 m NHN / Bereiche BS 1 bis BS 4 (Vermessung!) und der erkundeten Maximaltiefe wenig tragfähigen Baugrunds (hier locker gelagerte Sande bis ca. 1,7 m unter GOK bei BS 3 / RS 3), wird gleichermaßen von einer Durchgründung dieser Sande und einer Einbindung des Kellergeschosses in den tragfähigen natürlichen Sanden ausgegangen.

Gleiches gilt auch bei einer möglichen Gründung des dann quasi unterkellerten Gebäudes oder Gebäudeteils - hier ggf. im Souterrainbaustil mit geringer Einbindetiefe der Fundamente in den Baugrund bzw. Gründungstiefe des Kellers. Eine Durchgründung des Mutterbodens (0,2 - 0,5 m / BS 1 - BS 4) sollte hier gegeben sein. Ansonsten ist ein Bodenaustausch des Mutterbodens sowie eine unbedingte Nachverdichtung der locker gelagerten Sande bei BS 3 / RS 3 unterhalb der Gründungssohle unbedingt vorzusehen.

Andernfalls, d. h. für ggf. notwendig werdende Verfüllungen / Auffüllungen / Bodenaustausch am Standort des Schulneubaus im Rahmen der Baumaßnahme, insbesondere im Zusammenhang mit dem ggf. notwendigen Bodenaustausch von Auffüllungen / ggf. vom Mutterboden und der Nachverdichtung locker gelagerter Bereiche, ist der Auftragnehmer / Baugrundsachverständige zu konsultieren bzw. es gilt nachfolgend Genanntes bzgl. Verfüllung und Bodenaustausch etc. (bei Weitere Hinweise: und bei der Variante: Bauwerk / Gebäude ohne Kellergeschoß beschrieben!).

Abdichtung des Bauwerkes / Kellergeschoß / Bereiche BS 1 bis BS 4:

Entsprechend den hydrogeologischen Verhältnissen am Standort, hier erkundetes freies Grundwasser in einer Tiefe von etwa 9,5 m unter GOK (siehe Bereich BS 2) für den Bau nicht relevant und unter Beachtung des eingeschätzten HGW (siehe Kapitel 2) nahe der GOK bei BS 1 und BS 2 und bei etwa 2,5 m bis 3,0 m unter GOK bei BS 3, hier zzgl. des Sicherheitsabstandes (SA) von 0,3 m, ergibt sich eine Ordinate des HGW + SA von 2,7 m bis 2,2 m unter GOK.

Da gemäß den hydrogeologischen Verhältnissen am Standort und unter Berücksichtigung der anzunehmenden o. g. Gründungstiefe der Kellergeschosse von i. M. 2,5 m unter GOK diese Gründungsordinate deutlich oberhalb (BS 2 und auch BS 4) bzw. oberhalb der Ordinate des HGW + SA von 2,7 m bis 2,2 m unter GOK liegt, ist unter diesen Umständen im Prinzip eine Abdichtung des Kellers (Bauwerk Schulneubau) gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser / nicht aufstauendes Sickerwasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W1-E (früher DIN 18195-4) vorzusehen und im Prinzip auch ausreichend. Diese Art der Bauwerks-Abdichtung gilt nur für den bereits zuvor beschriebenen Lastfall: Durchgründung der Lehmlagen in der entsprechenden Dimension der Baugrube und Gründung des Kellers deutlich oberhalb des Lehms.

Andernfalls, d. h. bei einer Gründung des Kellergeschosses im Lehm oder nahe / oberhalb der Lehmschicht, ist eine Bauwerks-Abdichtung gegen drückendes Wasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W2-E (früher DIN 18195-6) als sogen. „schwarze Wanne oder alternativ als weiße Wanne“ unbedingt vorzusehen. Zusätzlich ist ein Schutz des Bauwerkes (Schulneubau mit Sporthalle) gegen zufließendes Oberflächenwasser gemäß DIN 18533-1:2017-07 (ggf. W4-E) (früher DIN 18195-1) vorzunehmen.

Alternativ besteht auch die Möglichkeit der Ausführung einer Ringdränage (Ringdrän in Höhe Unterkante Bodenplatte) mit Überleitung in einen z. B. Sammelschacht über eine Hebeanlage und mit Überlauf (Drosselklappe) in den Vorfluter z. B. R-Kanal. Die Nutzung einer Ringdränage ist allerdings wartungsintensiv und kann bei nicht sachgemäßer Betreibung auch zu Schäden am Bauwerk führen.

Die im Kapitel 2 genannten eingeschätzten HGW-Ordinaten dienen als Bemessungswasserstände / Art HGW Schätzwerte. Für den Nachweis der Auftriebssicherheit sollten die zuvor genannten eingeschätzten HGW mit -2,5 m bis -3,0 m GOK (BS 3) und in Höhe der GOK (BS 1 und BS 2) / Flurabstände bzw. kann auch eine Ordinate in Höhe von etwa 1,0 m über dem Gründungsplanum Kellergeschoß (GP KG Schulneubau) angesetzt werden.

Angaben zur Abdichtung des Gebäudes / Schulneubau mit Sporthalle hier des Kellergeschosses sowie im Bereich ohne Kellergeschoß (z. B. Sporthalle) und zum Schutz der Bauwerke gegen zufließendes Oberflächenwasser sind den „Weitere Hinweise für die Bauausführung“ am Ende des Kapitels zu entnehmen und zu beachten.

- Neubau / Gründung einer Sporthalle - Bauwerk ohne Kellergeschoß - (BS 1 - BS 4) -

Der Baugrund (mindestens mitteldicht gelagerte nichtbindige Sande SE / SU sowie der erkundete ausreichend tragfähige Geschiebelehm SU*- TL bei der BS 1 bis BS 3) ist für die sicherlich geplante Flachgründung des Gebäudes oder Gebäudeteils ohne Kellergeschoß hier im Bereich z. B. der vorgesehenen Sporthalle (bei den Bohrungen BS 1 bis BS 4) generell und ab der nachfolgend genannten frostfreien (0,8 m) sowie aus der den Baugrundverhältnissen resultierenden Mindestgründungstiefe (max. > 1,7 m / nur bei der BS 3, siehe hier vor allem locker gelagerte natürliche Sande (SE / SU) bei der BS 3) grundsätzlich geeignet, jedoch nur unter Berücksichtigung baugrundverbessernder Maßnahmen (vollständiger Bodenaustausch bzw. eher Nachverdichtung oder Durchgründung der locker gelagerten Sande).

Die im Baugrund maßgeblich erkundeten natürlich anstehenden, mindestens mitteldicht und dicht gelagerten nichtbindigen Sande SE / SU sowie der erkundete ausreichend tragfähige Geschiebelehm SU*- TL (bei der BS 1 bis BS 3 angetroffen) besitzen unterhalb üblicher und anzunehmender Gründungssohlen von Gebäuden / Bauwerken ohne Kellergeschoß, d. h. einer bewehrten Bodenplatte mit Frostschrüzen und / oder von statisch tragenden Streifenfundamenten - unter Berücksichtigung der Durchgründung / des Bodenaustausches des relativ geringmächtigen Mutter- / Oberbodens sowie auch der Nachverdichtung der locker gelagerten Sande (SU) / hier Schwächezone bis 1,7 m / BS 3 (Ordinaten des tragfähigen Baugrunds, Seite 27) und unter Einhaltung einer gemäß DIN 1054 frostsicheren Mindestgründungstiefe von 0,8 m sowie unterhalb einer aus den Baugrundverhältnissen resultierenden Mindestgründungstiefe (> 1,7 m / BS 3)- eine mitteldichte bis dichte Lagerung, und somit eine ausreichende Tragfähigkeit.

Die kompressiblen mehr oder weniger organischen / humosen und locker gelagerten Böden wie Mutter- / Oberboden und auch die kompressiblen locker gelagerten Sande / SU bei BS 3 (siehe Mutter- / Oberboden OH und 1 x locker gelagerte Sande (SU), Schicht 1 und 3, - oberflächennahe Schwächezone bei BS 3, siehe Kapitel 3) sind in den Bereichen der BS 1 bis BS 4 / Mutterboden und BS 3 / locker gelagerte Sande (hier erkundeter Standort- / Bebauungsbereich / z. B. Sporthalle / Bebauung ohne Unterkellerung) als verformungsempfindlich und damit als wenig tragfähig einzustufen. Diese wenig tragfähigen Böden (Mutter- / Oberboden OH und 1 x locker gelagerte Sande (SU), Schicht 1 und 3, - oberflächennahe Schwächezone bis 1,7 m bei BS 3) sind als Baugrund nicht geeignet.

Sie müssen im Rahmen des Bauvorhabens - Gebäude / Bebauung hier Sporthalle ohne Kellergeschoß - durchgründet bzw. unterhalb der vorgesehenen Gründungssohle / -zone verbessert, d. h. ausgetauscht und nachverdichtet werden (vollständiger Bodenaustausch / Mutterboden und Nachverdichtung / locker gelagerte Sande!, Tiefen analog Ordinaten tragfähigen Baugrunds, Seite 27).

Den tragfähigen Baugrund im Standortbereich (hier geplante Sporthalle ohne Kellergeschoß) stellen erst die unterhalb des Mutter- / Oberbodens bzw. der locker gelagerten Sande bei der BS 3 - Schwächezone ab Tiefen von (Ordinaten erkundeter tragfähiger Baugrund bzgl. GOK bzw. / Ansatz mit Bezug zum NHN-Höhensystem, siehe auch Übersicht Seite 27) $t_{min.} = 0,2 \text{ m}$ / BS 2 = +48,9 m NHN, $t = 0,3 \text{ m}$ BS 3 und BS 4 = +49,3 m / BS 3 und +49,2 m / BS 4 und $t = 0,5 \text{ m}$ unter GOK / BS 1 = +50,0 m NHN sowie $t_{max.} = 1,7 \text{ m}$ / BS 3 unter GOK = +47,9 m NHN = Ansatzniveau maßgeblich verbreiteter natürlich anstehender, mindestens mitteldicht gelagerter nichtbindiger Sande SE / SU als auch des erkundeten ausreichend tragfähigen Geschiebelehms (bei BS 1 und BS 2 als auch BS 3 erbohrt) dar (siehe Anlage 2).

Das geplante Bauwerk Sporthalle ohne Kellergeschoß kann, wie ggf. auch vorgesehen und auch zu empfehlen, flach auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte (hier auch bedingt durch die wenig bis bedingt tragfähigen locker gelagerten Sande / SU bei BS 3) im Bereich der Außenwände über umlaufenden Frostschrüzen sowie bei einer Durchgründung bzw. einer Nachverdichtung der Schwächezone / gilt auch für die Bodenplatte (siehe locker gelagerte Sande am Standort der BS 3 bis 1,7 m Tiefe) auch flach auf Streifenfundamenten gegründet werden.

Durch die Gründung auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte werden Setzungsdifferenzen infolge unterschiedlicher Bodenarten wie Lehm und Sand am Standort und auch verschiedener Lagerungsdichten (z. B. dicht / mitteldicht und locker, wie angetroffen) der Böden im Bebauungsbereich besser ausgeglichen (Ausgleich von Setzungsunterschieden!). Dies dient der Setzungsharmonisierung der Böden und der daraus resultierenden Verhinderung bzw. Minimierung von möglichen Rissbildungen an dem nicht unterkellerten Bauwerk.

Bedingt durch die sicherlich auch geplante Flachgründung - hier Bauwerk / Neubau einer Sporthalle ohne Kellergeschoß - und den oberflächennah anstehenden wenig tragfähigen Böden wie Mutter- / Oberboden sowie 1 x locker gelagerte Sande bei der BS 3 - werden nachfolgende Gründungsvarianten / baugrundverbessernde Maßnahmen (vollständiger Bodenaustausch wenig tragfähiger Böden, wie Mutter- / Oberboden und ggf. auch genannte locker gelagerte Sande bei der BS 3 / eher Nachverdichtung der locker gelagerten Sande bei der BS 3 / und ggf. auch Durchgründung der wenig bis bedingt tragfähigen locker gelagerten Sande bei der BS 3 mit den Fundamenten / hier Streifenfundamenten) empfohlen:

1. Baugrundverbesserung durch vollständigen Bodenaustausch / Mutterboden sowie Nachverdichtung der locker gelagerten Sande (= Schwächezone nur bei der BS 3)

Die im vorgesehenen o. g. Standortbereich (geplanter Bebauungsbereich der Sporthalle ohne Kellergeschoß / Bereich BS 1 bis BS 4) oberflächennah anstehenden wenig tragfähigen Böden - hier der Mutter- / Oberboden / Schicht 1 und auch die locker gelagerten Sande (SU) bei der BS 3 = Schwächezone / Schicht 3 - sind bis in die zuvor bzw. auf Seite 27 genannten Tiefen / d. h. Ordinaten tragfähigen Baugrunds - hier Tiefen / Basistiefen des Mutterbodens von t min. = 0,2 m (BS 2), t = 0,3 m (BS 3 und BS 4) und t = 0,5 m (BS 1) sowie Tiefe der Aushubsohle der locker gelagerten Sande SU / BS 3 t max. = 1,4 m (BS 3 = Schwächezone) unter GOK -, ggf. auch tiefer, im geplanten Bebauungsbereich der Sporthalle ohne Kellergeschoß (Schaffung einheitlicher Baugrundverhältnisse), unter Beachtung der Bodenverhältnisse, hier zunächst ohne Wasserhaltungsmaßnahmen (siehe kein relevantes Grundwasser erkundet und auch mögliches temporäres Stauwasser oberhalb des Lehms und Beachtung des HGW, siehe auch am Ende des Kapitels) vollständig auszubauen.

Anschließend sollte die jeweilige Aushubsohle des Mutter- bzw. Oberbodens / hier des Bodenaustausches (Basistiefen bei 0,2 m / 0,3 m und max. 0,5 m unter GOK) bzw. die Aushubsohle der o. g. locker gelagerten Sande SU / hier der Schwächezone (Basistiefe bei max. 1,4 m / BS 3 unter GOK) mit entsprechend geeigneten Verdichtungsgeräten (Rüttelplatten nur bei Sanden z. B. bei der BS 3 und BS 4) nachverdichtet werden (Verdichtungsziel mitteldichte Lagerung = $D_{Pr} \geq 97\%$ für SE / SU oder besser dichte Lagerung = $D_{Pr} \geq 98\%$ für SE / SU). In den Bereichen der BS 1 und BS 2 (ggf. auch andere Bereiche am Standort) ist eine Nachverdichtung der Aushubsohle des Mutterbodens ggf. nur schwer möglich, da hier direkt in der Aushubsohle Geschiebelehm ansteht. Steht der Geschiebelehm in mindestens steifplastischer Konsistenzform an, so ist eine evtl. Nachverdichtung der Lehmoberkante mittels einer Schaffußwalze knetend und stampfend nur dann erforderlich und sinnvoll, wenn dieser Lehm durch die Baumaßnahme ggf. aufgelockert sein sollte.

Hier ist dann ein Verdichtungsziel für den bindigen Lehmboden von $D_{Pr} \geq 97\%$ für SU* zu erreichen (Nachverdichtung). Sollte der bindige Lehmboden während der Baumaßnahme ggf. in aufgeweichter Konsistenzform (z. B. sehr weiche bis breiige Konsistenz) vorliegen, so ist hier ein Teilbodenaustausch möglichst mit RC-Material oder Natursteinschotter (hier nur im Bereich von Wasserschutz-zonen) vorzusehen. Eine Nachverdichtung ist hier dann nicht möglich. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der ungünstigen Bodenverhältnisse (bindiger wasserstauer Lehmboden) und der möglichen Wasserverhältnisse (ggf. auftretendes temporäres, schwebendes Stauwasser auf dem Lehm), im Rahmen der Baumaßnahme ein Anheben der Bodenplatte über Geländeneiveau (ca. 0,3 m) ratsam und zu empfehlen ist.

Hinweis: Eine **Nachverdichtung** der Aushubsohle des Mutterbodens bzw. eher **der Aushubsohle bei 1,4 m ist im Bereich der BS 3** (siehe hier locker gelagerte natürliche Sande bis 1,7 m unter GOK) und Verdichtung sowie Verdichtungskontrolle durch dynamische Fallplatten in mehreren Lagen (a` max. 0,5 m Dicke der Lage bzgl. der Verdichtungsmessung) analog zuvor **unbedingt, zwingend vorzusehen!** siehe auch weiter unten (ggf. Verdichtungsüberprüfung durch Rammsondierungen, dann über die gesamte Strecke der Bodenverbesserung (der Nachverdichtung bei der BS 3). Die Verdichtungstiefe oder Mächtigkeit der zu verdichtenden Schicht / Schichtdicke sollte dabei nicht größer als ca. 0,3 m sein. Das ist auch dann ratsam, um durch im Rahmen der Erdarbeiten möglicherweise bedingte Auflockerungen der Aushubsohle zu beseitigen.

Im Bereich der BS 3 ist der Mutterboden OH und der Sand (SU) bis 1,4 m herauszunehmen auszukoffern, wobei der Sand vom Mutterboden getrennt, extra zu lagern ist, um den Sand bei evtl. Wiedereinbaufähigkeit (d. h. Verdichtbarkeit) wieder einbauen zu können. Da die Ungleichförmigkeitszahl C_u bei dem Sand / SU bis 2,4 m bei der BS 3 < 3 ist (siehe Anlage 4, C_u hier genau 2,4) und damit schwer verdichtbar (Ungleichförmigkeitszahl $C_u = 2 - 3$) ist, ist der Sand hier zum Wiedereinbauen ggf. nicht geeignet und zu verbessern bzw. auch auszutauschen. Ansonsten ist der Sand bis zum Gründungsniveau lagenweise, wie unten beschrieben, wieder einzubauen.

Der Bodenaustausch, d. h. der Mutter- / Oberboden und ggf. auch der zuvor genannte Sand bei der BS 3 sind anschließend durch möglichst nichtbindige Sande oder Kiessande mit einer Ungleichförmigkeitszahl $C_u \geq 3$ oder durch zertifiziertes Schottertragschichtmaterial (STS) / Recyclingbaustoff, wenn möglich, siehe nur außerhalb von Wasserschutzgebieten möglich, ggf. auch in Form vom scherfesten, verdichtungswilligen grob- oder gemischtkörnigen Böden bis in Höhe der geplanten Gründungsebene /-sohle (= Unterkante Bodenplatte sowie UK Streifen- ggf. Einzelfundamente) der Sporthalle ohne Kellergeschoß vollständig zu ersetzen (in Form eines Bodenaustausches).

Entsprechend den gültigen Anforderungen ist das Austausch- / Ersatzmaterial bzw. der Füllboden für den entfernten Mutter- / Oberboden bzw. ggf. auch für die o. g. Austauschzone bis 1,4 m bei der BS 3 bis zum geplanten Gründungsniveau der Fundamente (= Unterkante Bodenplatte sowie UK Streifen- ggf. Einzelfundamente) lagenweise (Schüttlagen / Schichtdicke $D \geq 0,2 / 0,3$ m) einzubauen und fachgerecht auf eine mindestens mitteldichte Lagerung, besser auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98\%$ (dichte Lagerung für SE- / SU-Boden) zu verdichten. Dabei sollte die 1. Schüttlage intensiv verdichtet werden, um ggf. darunter vorhandene Auflockerungen (z. B. im Rahmen der Erdarbeiten oder bspw. auch im Bereich der BS 3) zu erfassen.

Entsprechende Verdichtungsnachweise, z. B. durch dynamische Plattendruckversuche („Leichte Fallplatte“) und ggf. auch Leichte Rammsondierungen (z. B. bei größere Mächtigkeit der Schicht wie bei der BS 3) sind zu führen! Bei der Gründung z. B. auf einer Bodenplatte oder bei tieferreichendem Bodenaustausch kann die Prüfung durch dynamische Plattendruckversuche dann in Abhängigkeit der Einbaustärke der Austausch-Schicht in mindestens 2 oder mehreren Prüfebene(n) (max. Dicke der einzelnen Prüfebene 0,5 m, etwa Messbereich der Fallplatte) oder mittels leichter Rammsondierungen LRS / DPL-5 bei Sandböden) erfolgen!

Die Dimensionierung der Austauschzone (ggf. auch von möglichen Anschütt- / Verfüllzonen und vor allem der Nachverdichtungszone) hat in ihren Abmessungen so zu erfolgen, dass sich unter den Fundamentsohlen eine Spannungsverteilung / ein Lastverteilungswinkel von 45° ab den Fundamentaußenkanten in den direkt angrenzenden tragfähigen Baugrund ausbilden kann.

Andernfalls können die Arbeiten auch im Schutz ausreichend erhärteter Streifenfundamente (ggf. Frostschürzen) ausgeführt werden.

In bzw. auf dem so verbesserten Baugrund kann dann, wie zu empfehlen, auf einer bewehrten Bodenplatte frostfrei über Frostschürzen bzw. auf Streifen- und ggf. Einzelfundamenten gegründet werden.

Zur Gewährleistung ausreichend tragfähiger Bodenverhältnisse sind für die gesamte Zone der Baugrundverbesserung (min. $t \geq 0,2$ m und $0,3$ m / $0,5$ m Mutterbodenaustausch bis max. $1,7$ m (locker gelagerter Sand) unter GOK / bei BS 1 bis BS 4) entsprechende Verdichtungsnachweise wie z. B. dynamische Plattendruckversuche, evtl. auch Rammsondierungen zu führen (Verdichtungsgrad mögl. $D_{Pr} \geq 98\%$).

Zur Gewährleistung einer frostsicheren Gründung ist generell eine Mindestgründungstiefe bzw. -überdeckung der Fundamente / (Frostschürzen im Bereich von Außenwänden), gemäß DIN 1054 von $t = 0,8$ m unter GOK zu beachten.

Im Bereich des Hallen-Fußbodens (Sporthalle) wird unterhalb des Fußbodens ggf. der Einbau einer 0,3 m dicken Schottertragschicht aus einem hoch scherfesten Beton-Recyclingmaterial (RC 0/32) oder Natursteinschotter bis in Höhe des geplanten Gründungsniveaus des Fußbodens empfohlen (Gründungspolster).

Entsprechend den gültigen Anforderungen ist das RC-Material oder der Natursteinschotter lagenweise in 2 Lagen (Schichtdicke $d = 0,15$ m) einzubauen und fachgerecht auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100$ % (alternativ: $E_{V2} \geq 120$ MN/m²) zu verdichten. Entsprechende Verdichtungsnachweise sind, z. B. durch dynamische oder auch statische Plattendruckversuche, auch hier zu führen!

Die Aushubsole ist vor dem Einbau des RC-Materials oder des Natursteinschotters (Gründungspolsters) intensiv auf eine dichte Lagerung ($D_{Pr} \geq 98$ % gilt für SE- / SU - nichtbindige Böden bzw. $D_{Pr} \geq 97$ % gilt für SU* - bindige Böden Lg / Mg) zu verdichten. Kontrollprüfungen, analog zuvor, sind auch hier durchzuführen! *Weiterhin gelten die Hinweise für ggf. aufgeweichten bindigen Boden (Lehm / Mergel / hier Bodenaustausch z. B. Ersatz mit RC-Material / Natursteinschotter / Magerbeton oder Stabilisierung / Kalkung).*

In seinen Abmessungen ist das Gründungspolster (Dicke $d = 0,3$ m) so zu dimensionieren, dass sich unter den Fundamenten eine Spannungsverteilung (Lastverteilungswinkel) von 45° ab den Außenkanten ausbilden kann. Andererseits, alternativ ist das Gründungspolster im Schutz der ausreichend standfesten Streifenfundamente (Betonhärtung) herzustellen.

Für die Ausbildung des Fußbodens wird konstruktiv eine Zugbewehrung (Bewehrungsmatte) bzw. der Einsatz von Stahlfasern empfohlen.

2. Variante der Durchgründung der wenig / bedingt tragfähigen Böden

Es besteht alternativ die Möglichkeit, um auch umfangreiche Erdarbeiten (*ggf. auch Wasserhaltungsmaßnahmen*) zu vermeiden, Fundamente wie Streifen- und Einzelfundamente (je nach Gründungstiefe) z. B. in einheitlichen Tiefen je nach Lastfall von $t = 0,8$ m (auch frostfrei) und $t = 0,2$ m bis 0,5 m (BS 1 bis BS 4) bis max. 1,7 m unter GOK (BS 3, lockere Lagerung) - siehe maximale Erkundungstiefe wenig tragfähiger Mutterboden / bedingt tragfähiger Boden / wie locker gelagerter Sand BS 3, *ggf. auch tiefer oder auch geringer - zu gründen* und die Bodenplatte als biegesteife Stahlbetonkonstruktion (analog einer Geschoßdecke) auszubilden (hier Variante der Durchgründung der wenig / bedingt tragfähigen Böden / Mutterboden (Schicht 1) und locker gelagerter Sand, wie erkundet / Schicht 3). Eine geringe Standfestigkeit umgebender locker gelagerter Boden- / Auffüll- / ggf. Fremdstoffschichten (*wie erkundet, siehe wenig / bedingt tragfähige Böden*) sollte dabei allerdings beachtet werden! Die Gründung ist dann statisch zu bemessen (seitlicher Erddruck)!

Es wird empfohlen, die beiden Varianten hinsichtlich der Kosten zu kalkulieren.

Weitere Hinweise für Bebauungen:

Im Bereich der Gründungssohle (Block- / Einzelfundamente, Streifenfundamente, Bodenplatte) sollte ein mögliches Aufweichen (bei oberflächennahen bindigen Böden, hier Lehm / ggf. Mergel, ggf. schluffige Sande) bzw. eine Auflockerung des Baugrundes unbedingt vermieden werden, da Nachverdichtungsarbeiten aufgrund der Boden- und auch Wasserverhältnisse (hier z. T. bindiger, aufweichungsgefährdeter Boden, mögliches Auftreten von Stau- und Schichtenwasser) nur schwer möglich sind (siehe Hinweise am Ende des Kapitels).

Für eine ggf. erforderliche Anschüttung / Auffüllung des Baustandortes bzw. in Teilen des Gesamt-Baustandortes - hier z. B. auch für eine Geländeprofilierung / -regulierung oder Anheben der Bodenplatte / Anschüttung aufgrund der Boden- und Wasserverhältnisse sowie auch im Bereich von Rodungen (siehe hier z. T. Bewuchs am Standort!), hier auch im Bereich geplanter peripherer Anlagen / Parkflächen / Verkehrswege, etc. - werden die bereits beim Bodenaustausch erwähnten nichtbindigen Sande und / oder Kiessande empfohlen, die nach dem Bodenaustausch des Mutterbodens und möglicher Auffüllungen aufzubringen sind. Dabei gelten die bereits vorgenommenen Aussagen bzgl. Art und Weise der Verdichtung, der Verdichtungsanforderungen - hier Verdichtungsgrad von mind. $D_{Pr} \geq 97\%$ (mitteldichte Lagerung) bzw. eher von $D_{Pr} \geq 98\%$ (dichte Lagerung) - sowie des Lastverteilungswinkels für die entsprechenden Zonen ggf. der Anschüttung / Auffüllung sowie Nachverdichtung und Verfüllung. Auch hier sollten Verdichtungsnachweise in Form von dynamischen Plattendruckversuchen („Leichte Fallplatte“) und statischen Plattendruckversuchen hier im Verkehrs- / Wegebau (ggf. leichte Rammsondierungen LRS / DPL) geführt werden. Bei einer evtl. vorzunehmenden Anschüttung ist die Herstellung der Berme (hier die Dimensionierung des Anschüttkörpers und die Geländeabtreppung / Bereich der Aufstandsfläche) DIN-gerecht auszuführen! Anschließend kann dann in dem bzw. auf dem veränderten / verbesserten Baugrund wie geplant gegründet werden.

Arbeiten zur Geländeprofilierung und das Entfernen von Bewuchs (siehe Brachland / Wiese) sind vor der Errichtung des Bauwerkes durchzuführen!

Eine kapillarbrechende Schicht (siehe Gründungspolster / Bodenaustauschzone) gegen aufsteigende Feuchte bei ungünstigen Wasserverhältnissen und Lagerung feuchteempfindlicher Güter ist unter Betonplatten in Hallen (ggf. *relevant*) einzubauen.

Durch Aufgrabungen bedingte Auflockerungen des Baugrundes (*Bereich des Schulneubaus mit der Sporthalle und der peripheren Anlagen*) sind unter Beachtung der Boden- und Grundwasserverhältnisse (hier aufweichungsgefährdeter bindiger Lehm- / ggf. Mergelboden und ggf. auftretendes schwebendes Stau- als auch Schichtenwasser) durch Nachverdichtungen auf eine dichte Lagerung ($D_{Pr} \geq 98\%$ für SE / SU - nichtbindige Böden bzw. $D_{Pr} \geq 97\%$ für SU* - bindige Böden) zu beseitigen.

Die maßgeblich anstehenden nichtbindigen natürlichen Sande SE / SU und auch der Geschiebelehm sowie die durch den unbedingten Bodenaustausch / die notwendige Nachverdichtung (lockere Sande), ggf. eine Auffüllung, ggf. eine Anschüttung, ggf. eine Verfüllung Fundamente und vor allem eine mögliche Graben- und Grubenverfüllung insbesondere bei anstehenden Rodungen verbesserten Böden unter den Gründungssohlen (Bodenplatte bzw. Streifen- und Einzelfundamente) sind die relevanten Schichten bei der Gründung insbesondere des Schulneubaus mit der Sporthalle mit und ohne Keller (aber auch bei Gründungen von Verkehrsflächen und -wegen / Flächenbefestigungen sowie vom Medien-Leitungen) hinsichtlich der Einwirktiefe der abzutragenden Lasten.

Sollten wider Erwarten in der Gründungsebene Böden überwiegend geringer Tragfähigkeit anstehen, die sich z. B. aus sehr lockeren / aufgelockerten Partien / Bereichen des oberflächennahen Bodens / Sand / Auffüllungen bzw. z. B. aus sehr aufgeweichten, weichplastischen oder sogar breiigen Partien des Geschiebelehm / ggf. -mergels (z. B. natürlicherseits oder durch Aufgrabungen / Verfüllungen, Rodungen) zusammensetzen oder aus diesen resultieren, dann empfiehlt sich (wie ggf. auch geplant) das Bauwerk / Schulneubau mit Sporthalle auf einer bewehrten Betonplatte zu gründen.

Zum Ausgleich von Tragfähigkeitsunterschieden sollten dann unterhalb der Platten ein mindestens 0,5 m starkes Gründungspolster aus scherfesten und verdichtungswilligen grob- oder gemischtkörnigen Böden, vorzugsweise der Bodengruppen GW, GI oder GU angeordnet werden. Ebenso ist die Verwendung von Recyclingbaustoffen möglich, sofern sie in diese Bodengruppen eingestuft und eingebaut werden können. Gegebenenfalls kann vorher ein Teilbodenaustausch dieser ggf. lockeren Bereiche vorgenommen werden.

Gegebenenfalls im Gründungsplanum noch vorhandene größere Partien von Böden mit humosen Anteilen, wie erkundet und ggf. mit Fremdstoffen, sind ebenfalls zusätzlich auszutauschen.

Im Zweifel sollte der Baugrubenaushub durch einen geotechnischen Sachverständigen begleitet werden. Das Gründungspolster ist auch hier lagenweise in Abstimmung auf die Einwirktiefe der verwendeten Verdichtungsgeräte aufzubauen. Für die unteren Lagen sollten eher leichte Verdichterplatten verwendet werden. Für ein insgesamt korrekt, auf ebenfalls mindestens $D_{Pr} \geq 98\%$ verdichtetes Gründungspolster kann in Abhängigkeit vom verwendeten Austauschmaterial von einem Steifemodul E_s von 30 MN/m^2 (SE, SW, SI, SU) bis 50 MN/m^2 (GW, GI, GU) ausgegangen werden. Ansonsten sind für die Bemessung der Gründung, die unter Punkt 3 angegebenen Kennwerte zu verwenden.

Die Filterstabilität zwischen den anstehenden Böden und dem Austauschmaterial ist zu gewährleisten. Im Zweifel kann sie durch die Einlage eines Geotextils garantiert werden.

Schulneubau: Streifenfundamente:

Es ist notwendig, bei einer Gründung von Bauwerken (Schulneubau) auf Streifenfundamenten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes (gemäß EC 7-1) vorzugeben, um zu verhindern, dass infolge zu hoher Belastung des Untergrundes ein Grundbruch auftritt.

Es ergeben sich für die **Variante „Schulneubau mit Keller“** (für die Bereiche BS 1 bis BS 4) folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für Streifenfundamente (gemäß EC 7-1) ohne Einfluß des Grundwassers (siehe kein Grundwasser und Grundwasser bei ca. 9,5 m BS 2 erkundet sowie HGW / Schätzwert ggf. für Stauwasser bei etwa 2,5 m - 3,0 m unter GOK (BS 3), siehe Kapitel 2, bei Beachtung der vorhandenen und ggf. auch verbesserten Baugrundverhältnisse (z. B. incl. Baugrundverbesserung durch vollständigen Bodenaustausch des Mutterbodens und der genannten locker gelagerten Sande / Nachverdichtung der Aushubsohle / ggf. Verfüllung, Anschüttung, etc.):

Der wirksame Reibungswinkel des anstehenden maßgeblichen Baugrundes Sand SE / SU bzw. des durch einen vollständigen Bodenaustausch und durch eine Nachverdichtung der Aushubsohle verbesserten Baugrundes (z. B. [SE] -Austauschboden) wurde mit $\varphi'_k = 32,5^\circ$ angesetzt (gilt unter den zuvor genannten Voraussetzungen bzgl. Grundwasser und für die dazu entsprechenden Bereiche der Bohrungen BS 1 bis BS 4 bei einer Durchgründung der Lehmlagen (BS 1 und BS 2) und einer Gründung oberhalb der Lehmlage und unterhalb der lockeren Lagerung, d. h. > 1,7 m unter GOK (BS 3) d. h. Gründung in den nichtbindigen Sanden SE / SU (incl. bei BS 4) für den Schulneubau mit Unterkellerung).

Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für **Streifenfundamente / Schulneubau mit Keller**
(gemäß EC 7-1)

	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ (kN/m ²)			
Fundamentbreite (m)	0,3	0,4	0,6	0,8
Einbindetiefe (m)				
0,5	215	235	270	305
0,8	305	325	360	400
≥ 1,0	365	390	425	460

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Die in der Tabelle aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes setzen eine Einbindetiefe der Fundamente von 0,5 m unter Kellersohle (**hier Variante mit Keller / Schulneubau**) voraus.

Die genannten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes gelten für lotrecht und mittig belastete Fundamente. Für außermittige und geneigte Fundamentbelastungen ist ein erneuter Nachweis nach DIN 4017 zu führen.

Es kann von Setzungsdifferenzen ausgegangen werden, die sich bei ordnungsgemäßer Bauausführung nicht schädlich auf den Nutzungszustand des Bauwerkes auswirken.

Es ist mit **Setzungen** je nach Lastgröße bis zu **s = 1 cm** (**hier Variante mit Keller / Schulneubau**) zu rechnen, bei Einhaltung der zuvor genannten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes.

Schulneubau: Plattengründung:

Für die konstruktive Bemessung einer bzw. der Gründungsplatte sind die vorhandenen bzw. ggf. verbesserten Baugrundverhältnisse (hier z. B. vollständiger Bodenaustausch der wenig tragfähigen Lockergesteine wie Mutter- / Oberboden sowie der genannten Nachverdichtung der Aushubsohle bei BS 3, ggf. Anschüttung / Verfüllung, etc.) zu berücksichtigen.

Es kann für erste Vorentwürfe ein **Bettungsmodul** von **$k_{sv,k} = 20 - 25 \text{ MN/m}^3$** angesetzt werden, wenn Inhomogenitäten auf der Gründungssohle (z. B. locker gelagerte bzw. aufgelockerte Sande, z. B. auch bei Rodungen, Erdarbeiten oder natürlicherweise, wie erkundet) durch Verdichtung bzw. durch Bodenaustausch / Bodenverbesserung, etc. (*ausreichend verdichtetes Austauschmaterial*) ausgeglichen werden - gilt für die **Variante „Schulneubau mit Keller“**.

Durch geeignete Methoden zur Dichteprüfung (z. B. durch Plattendruckversuche, ggf. leichte Rammsondierungen) ist die Wirksamkeit dieser Maßnahmen nachzuweisen.

Sporthallenneubau: Streifen- bzw. Block- / Einzelfundamente:

Es ist notwendig, bei einer Gründung des Bauwerkes (*Sporthalle*) auf *Streifen- bzw. Block- / Einzelfundamenten* Bemessungswerte des Sohlwiderstandes (gemäß EC 7-1) vorzugeben, um zu verhindern, dass infolge zu hoher Belastung des Untergrundes ein Grundbruch auftritt.

Es ergeben sich für die **Variante „Sporthallenneubau ohne Keller“** (für die Bereiche BS 1 bis BS 3) folgende **Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für Streifen- bzw. Block- / Einzelfundamente** (gemäß EC 7-1) unter Berücksichtigung der vorhandenen und verbesserten Baugrundverhältnisse (incl. z. B. Bodenaustausch des Mutterbodens und der wenig bis bedingt tragfähigen locker gelagerten Sande bei der BS 3 / hier Nachverdichtung der Aushubsohle / ggf. Verfüllung und Anschüttung, etc.):

Der wirksame Reibungswinkel des anstehenden bzw. ggf. verbesserten Baugrundes Geschiebelehm (SU* - TL, ST*) wird mit $\varphi'_k = 27,5^\circ$ angegeben.

Dabei wird die Kohäsion mit $c'_k = 1 \text{ kN/m}^2$ (weich bis steif) berücksichtigt.

Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für Streifenfundamente / Sporthallenneubau ohne Keller (gemäß EC 7-1)

	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ (kN/m ²)			
Fundamentbreite (m)	0,3	0,4	0,6	0,8
Einbindetiefe (m)				
0,5	145	150	175	195
0,8	200	215	230	250
≥ 1,0	245	250	270	290

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für Block- / Einzelfundamente / Sporthallenneubau ohne Keller (gemäß EC 7-1)

	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ (kN/m ²)			
Fundamentbreite a (m)	0,3	0,4	0,6	0,8
Fundamentbreite b (m)	0,3	0,4	0,6	0,8
Einbindetiefe (m)				
0,5	195	200	210	220
0,8	280	285	300	305
≥ 1,0	335	340	355	370

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Die in den Tabellen aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes setzen eine Einbindetiefe der Außenwandfundamente (Bodenplatte) und der Streifen- / Einzelfundamente von mindestens 0,8 m (frostfreie Gründung), ggf. Durchgründung wenig / bedingt tragfähiger Böden ($> 1,0$ m und $\geq 1,7$ m / BS 3 / Schwächezone) **(hier Variante ohne Keller / Sporthallenneubau)** voraus.

Die genannten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes gelten für lotrecht und mittig belastete Fundamente. Für außermittige und geneigte Fundamentbelastungen ist ein erneuter Nachweis nach DIN 4017 zu führen.

Es kann bei ordnungsgemäßer Bauausführung von Setzungsdifferenzen ausgegangen werden, die sich nicht schädlich auf den Nutzungszustand des Bauwerkes / Schulneubau auswirken.

Bei allmählicher Lastzunahme und bei einer Einhaltung der zuvor genannten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes ist davon auszugehen, dass gleichmäßige Setzungen von bis zu $s = 2$ cm **(hier Variante ohne Keller / Sporthallenneubau)** auftreten können.

Sporthallenneubau: Platten Gründung:

Für erste Vorentwürfe kann für die *Berechnung der Gründung nach dem Bettungsmodulverfahren* unter Beachtung der genannten Sachverhalte (Bodenaustausch / ggf. Anschüttung / ggf. Verfüllung, unbedingte Nachverdichtung der Aushubsohle / BS 3, etc.) und der vorhandenen Baugrundverhältnisse - Geschiebelehm / ggf. -mergel in weicher / weicher bis steifer / steifer Konsistenz - ein **Bettungsmodul** in den Grenzen von **$k_{sv,k} = 10$ bis 15 MN/m³** gilt für die **Variante „Sporthallenneubau ohne Keller“** angesetzt werden.

*Dabei ist zu bemerken, dass der Bettungsmodul **gilt für den Schulneubau und den Sporthallenneubau** belastungs- und flächenabhängig ist und keine Bodenkenngroße darstellt. Genaue Berechnungen können unter Zugrundelegung der vorhandenen Sohlpressung und der zu erwartenden Setzungen nur nach Vorlage der statischen Berechnung ausgeführt werden.*

2. Straßenerschließung / Straßenneubau und Straßenentwässerung (Straße / Grundstück)
(= **Verkehrswegebau / Errichtung peripherer Anlagen** (angrenzende Straßenerschließung / Straßenneubau und Errichtung peripherer Anlagen wie Verkehrswege zum und Stellplätze auf dem Grundstück) - BS 1 bis BS 4 - (Erschließung / Entwässerung))

Straßenerschließung / -neubau - Verkehrswegebau / periphere Anlagen - BS 1 bis BS 4

Im Bereich anzulegender Straßen / Fahr- und Gehwege sowie Stellplätze für PKW auch Lieferverkehr (LKW) - hier angrenzende Straßenerschließung / Straßenneubau und Errichtung peripherer Anlagen wie Verkehrswege zum und Stellplätze auf dem Grundstück - auf dem Gesamtgrundstück B-Plan Nr. 25/19 ist - insbesondere und unter Berücksichtigung der Auswertung der ausgeführten 4 Bohrungen BS 1 bis BS 4 - wie vom AG vorgesehen und geplant, folgendes festzustellen und zu beachten:

Im oberflächennahen durch die 4 Bohrungen (BS 1 bis BS 4) erkundeten Baugrundbereich und Planungsbereich (bis ca. 0,3 m / 0,4 m / 0,5 / 0,6 m unter GOK) zu planender und zu errichtender Fahr- und Gehwege sowie Stellplätze für PKW und Ladeverkehr für LKW und der darunter angrenzenden Planumszone, sind am gesamten durch die 4 Bohrungen erschlossenem Standort (BS 1 bis BS 4) relativ geringmächtige 0,2 bis 0,3 m max. 0,5 m mächtige ± humose Sande in Form des Mutter- / Oberbodens / der Schicht 1 der Bodengruppe OH verbreitet bzw. erkundet worden (siehe Anlage 2).

Unterhalb des Mutter- / Oberbodens / der Schicht 1 stehen einerseits in den Bereichen der BS 3 und BS 4 maßgeblich nicht frostempfindliche Böden / nichtbindige Sande der Bodengruppen SE / SU / Schicht 3 der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 an bzw. sind diese hier zu erwarten, die als überwiegend - bis auf den Bereich der BS 3, hier von 0,7 bis 1,7 m unter GOK locker gelagert, d. h. wenig bis bedingt tragfähig - und sonst ausnahmslos tragfähig (mitteldichte bis dichte Lagerung) zu bewerten sind (siehe Anlagen 2 und 3). Andererseits wurden in den Bereichen der BS 1 und BS 2 direkt unterhalb des Mutter- / Oberbodens / der Schicht 1 bis etwa 1,5 / 1,7 m unter GOK maßgeblich sehr frostempfindliche Böden / bindige Sande in Form des Geschiebelehms der Bodengruppenbereiche SU* - TL, ST* / Schicht 2 der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 erkundet bzw. sind diese hier zu erwarten, die in steifplastischer / halbfester Konsistenz und formal mitteldicht, teils auch dicht gelagert als ausreichend tragfähig zu bewerten sind.

In den angenommenen Planumszonen von 0,4 m / 0,5 m (F 1 – Boden, SE / SU / Schicht 3) und von 0,5 m / 0,6 m (F 3 – Boden, Lg, SU* - TL, ST* / Schicht 2) unter GOK sind in den Bereichen der Bohrungen BS 3 und BS 4 unterhalb der humosen Sande / des Ober- / Mutterbodens bereits die natürlichen nichtbindigen Sande der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 und in den Bereichen der Bohrungen BS 1 und BS 2 unterhalb der humosen Sande / des Ober- / Mutterbodens andererseits die natürlichen bindigen Sande des Geschiebelehms der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 verbreitet.

Für die darüber lagernden humosen Sande des Ober- / Mutterbodens / Bodengruppe OH / Schicht 1, dann 0,2 m / 0,3 m mächtig und größer OH = 0,5 m mächtig = Schichtdicke in den Bohrungen BS 1 bis BS 4, ist die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (gering bis mittel frostempfindlich) zutreffend.

Insgesamt kann festgestellt werden, das am gesamten Standort in der anzunehmenden Planumszone von 0,3 m / 0,4 m (F 1-Boden) und 0,5 m / 0,6 m (F 3-Boden) unter GOK und darunter einerseits nicht frostempfindlicher, nichtbindiger F 1-Boden (hier in Form der natürlichen nichtbindigen Sande SE / SU, *Schicht 3*) der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 und andererseits sehr frostempfindlicher, bindiger F 3-Boden (hier bindige Sande in Form des Geschiebelehms SU* - TL, ST* / *Schicht 2*) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ansteht.

In der Bohrung BS 3 ist den nichtbindigen Sanden im Tiefenintervall von 3,5 bis 5,9 m unter GOK ausreichend tragfähiger Geschiebelehm zwischengelagert, der für die aktive Baumaßnahme / Verkehrswegebau nicht relevant ist, da er zu tief ansteht.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit ist der an der Oberfläche maßgeblich verbreitete Mutterboden OH aufgrund der humosen Bestandteile und der auch lockeren Lagerung kompressibel und somit als schlecht bzw. wenig tragfähig zu bewerten. Er ist im Rahmen des Verkehrswegebaus zu durchgründen oder bereits durch den aufzubringenden konstruktiven Oberbau entfernt, wie sicherlich anzunehmen, bzw. unterhalb des Planums / Straßenplanums durch entsprechendes Schottertragschichtmaterial auszutauschen zu ersetzen (Bodenaustausch analog Hausbau).

Dagegen sind die natürlichen nichtbindigen Sande SE / SU - bis auf den Bereich der BS 3 / hier lockere Lagerung der Sande von 0,7 m bis 1,7 m unter GOK - fast ausnahmslos mitteldicht und dicht (teils sehr dicht) gelagert und weisen daher eine gute Tragfähigkeit auf (sind für den Verkehrswegebau sehr gut geeignet).

Auch der bindige Geschiebelehm weist formal eine überwiegend mitteldichte Lagerung bei einer steifplastischen bis halbfesten Konsistenz auf und ist damit ebenfalls als ausreichend tragfähig zu bewerten sowie für den Verkehrswegebau gut geeignet.

Im Bereich der BS 3 ist nach dem Entfernen des Oberbodens und dem höhenmäßigen Herstellen des entsprechenden Straßen-Planums (Gradienten) die verbleibende locker gelagerte Sand-Restschicht, d. h. das Niveau des Straßenplanums und darunter bis etwa 1,0 m unter GOK auf eine dichte Lagerung nachzuverdichten und durch statische Plattendruckversuche im Straßenbereich zu überprüfen (Verdichtungsgrad / -ziel von $D_{Pr} \geq 100\%$ nachzuweisen).

Es gelten für den Neubau zu errichtender peripherer Anlagen / Verkehrswege- und Straßenbau wie Fahrwege / Straßen für PKW (eher Anliegerstraßen / Zuwegungen von den angrenzenden Straßen zum und auf dem Grundstück), PKW-Zufahrten (Fahrwege), Stell- / Parkplätze / Parktaschen für PKW in den Straßen / Verkehrswegen, auch für die Feuerwehr und auch für den LKW-Verkehr / Lade- / Lieferverkehr, etc. sowie weitere Stellflächen z. B. auf den Grundstücken und Gehwege die Bestimmungen und Anforderungen der RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen - Ausgabe 2012.

Durch entsprechende baubegleitende Prüfverfahren nach den ZTV SoB- / ZTV A- / ZTV E-StB sollten die jeweiligen Erd- und Verdichtungsarbeiten im Rahmen des Verkehrswegebaus nachgewiesen werden.

Zu Beginn der Arbeiten wird generell empfohlen, anhand von Probefeldern die Tragfähigkeit von Planum und vor allem der Schottertragschicht (STS) sowie bei bindigen Böden (F 3-Böden Lg) auch die Frostschutzschicht (FSS) zu überprüfen (statische Plattendruckversuche mittels Gegengewicht ist vom AG zu stellen und kann vom AN ausgeführt werden).

Bei einem zu empfehlenden und noch durchzuführenden Bodenaustausch der wenig tragfähigen Böden (Mutter- / Oberboden / *Schicht 1*, ggf. als Auffüllung und anzutreffende locker gelagerte Bodenbereiche SU bei BS 3 von 0,7 bis 1,7 m / *Schicht 3*), ist folgendes zu beachten und zu praktizieren:

Die bereits genannte wenig tragfähige insbesondere Mutter- / Oberboden- / *Schicht 1*, ggf. auch als humose-Sand-Auffüllung und teilweise auch die locker gelagerten Sande SU / *Schicht 3* (BS 3) sind als Baugrund nicht geeignet. Sie müssen unterhalb der Gründungszone des Planums von Verkehrswegen durchgründet, entfernt und / oder ausgetauscht bzw. eher teilausgetauscht sowie im lockeren Bodenbereich bei der BS 3 teilausgetauscht und nachverdichtet werden (siehe auch Gründungsordinaten tragfähigen Baugrunds auf Seite 27). Nach Entfernung der wenig tragfähigen Böden (Deckschicht / Mutter- / Oberboden / *Schicht 1* (ggf. auch als Auffüllung und von evtl. anzutreffenden stark bauschutt- / fremdstoffhaltiger Auffüllungen) sowie durchgeführter Baugrundverbesserungen (Bodenaustausch, Nachverdichtung von Schwächezonen wie z. B. bei der BS 3, hier auch Teilbodenaustausch z. B. der locker gelagerten Sande bei der BS 3 / *Schicht 3* - hier unter Verwendung von Geokunststoffmaterialien / Geogitter und Stabilisierungen z. B. durch RC-Material oder Natursteinschotter) und der anschließenden Geländeregulierung ist der erkundete Standort für die Errichtung peripherer Anlagen, d. h. für den geplanten Verkehrswegebau / Straßen- und Wegebau bzw. auch für ggf. vorgesehene weitere Flächenbefestigungen (z. B. randliche Parkplätze, Zufahrten, Stellflächen) und Gehwege etc. geeignet.

Es wird empfohlen, den Mutterboden OH / *Schicht 1* generell und teilweise die locker gelagerten nichtbindigen Sande SU / *Schicht 3* bei der BS 3 hier bei zu großer Mächtigkeit (siehe z. B. locker bis 1,7 m bei der BS 3) bis zu den jeweiligen Basis- oder Teiltiefen (Teiltiefe hier ca. bis zu max. 1 m) unter GOK herauszunehmen und die Sohle / Aushubsohle bzw. das Planum nachzuverdichten unter Verwendung von Geokunststoffmaterialien / Geogitter (mit anschließender Verdichtungsüberprüfung!) und dann bis zum Planum / Straßenplanum bzw. zur Gründungssohle lagenweise (Schichtdicke $d = 0,2$ m bis max. 0,3 m) wieder aufzubauen mit entsprechenden Sanden / Kiesen / Kiessanden (Ungleichförmigkeitszahl $C_u \geq 3$) oder zertifiziertem RC-Material oder Natursteinschottermaterial.

Der Austauschboden oder das Austauschmaterial ist lagenweise einzubauen und auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98$ % (tiefer 0,5 m unter Planum) bzw. $D_{Pr} \geq 100$ % (Planum bis 0,5 m unter Planum) zu verdichten. Verdichtungsnachweise sind entsprechend einzuordnen! Anschließend kann auf dem so verbesserten Baugrund / Planum gegründet werden.

Die Tragfähigkeitsanforderung für das Planum von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² muss erreicht und nachgewiesen werden (Verdichtungsnachweise!). Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen RS 1, RS 2 und RS 4 (außer RS 3, siehe lockere Lagerung Anlage 3) sollte die genannte Tragfähigkeitsanforderung für das Planum an diesen erkundeten Stellen zumindest erreicht werden. Sollte die genannte Tragfähigkeitsanforderung für das Planum nicht erreicht werden, so sind weitere baugrundverbessernde Maßnahmen - wie Nachverdichtungen bei nichtbindigen Böden, Stabilisierungen durch weitere Erhöhung der Tragschichtdicken (STS / ggf. FSS) und ggf. weiteren tieferen Bodenaustausch etc. - durchzuführen.

Zu Beginn der Arbeiten wird, wie bereits empfohlen, anhand von Probefeldern die Tragfähigkeit von Planum und auch Schottertragschicht / STS sowie Frostschutzschicht (FSS) (da nach Bodenverbesserung und im anstehenden natürlichen Baugrund *einerseits* F 1 - Boden / SE, SU der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 / frostunempfindlich / nicht frostempfindlich und *andererseits* F 3 - Boden / SU*-TL, ST*, der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 / sehr frostempfindlich verbreitet ist) zu überprüfen (statische Plattendruckversuche).

Entsprechend der zu erwartenden Verkehrsbelastung / Belastung und Belastungsklasse z. B. Bk0,3 / Bk1,0 (ehem. Bauklasse) ist für das Planum eine Tragfähigkeitsanforderung von mind. $E_{v2} \geq 30$ MN/m² (besser 45 MN/m²) und für die OK / STS von $E_{v2} \geq 120$ MN/m² (z. B. PKW-Zufahrt und Stellfläche) / 150 MN/m² (z. B. Feuerwehr-Zufahrt und LKW-Ladeverkehr) und für die OK / FSS von $E_{v2} \geq 100$ MN/m² (z. B. PKW-Zufahrt und Stellfläche) / 120 MN/m² (z. B. Feuerwehr-Zufahrt und LKW-Ladeverkehr) sowie für die OK / STS von $E_{v2} \geq 80$ MN/m² (z. B. Gehweg-Bereich) nachzuweisen.

Durch entsprechende baubegleitende Prüfverfahren nach den ZTV SoB- / ZTV A- / ZTV E-StB sind die jeweiligen Erd- und Verdichtungsarbeiten nachzuweisen.

Aufgrund der Einstufung der vorhanden enggestuften und nichtbindigen Sande SE / SU / *Schicht 3* in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 kann hier bzw. im Untersuchungsgebiet an den Erkundungsstellen der BS 3 und BS 4 auf eine Frostschutzschicht verzichtet werden.

Es sind hier auch keine zusätzlichen Maßnahmen zur frostfreien Gründung der Oberflächenbefestigungen erforderlich (da hier bei der BS 3 und BS 4 F 1-Boden SE / SU anstehend ist). Das Planum aber ist so zu verdichten, dass ein Verformungsmodul von mindestens $E_{V2} \geq 30$ MN/m² / besser $E_{V2} \geq 45$ MN/m² erreicht wird. Anstelle der Frostschutzschicht kann eine zusätzliche Tragschicht eingebaut werden. Die Mächtigkeit der Tragschicht und deren Dichteanforderung ist gemäß den RStO 12 zu wählen.

Dagegen sind in den Bereichen der BS 1 und BS 2, in denen in der Planumszone und darunter bindiger Boden in Form von Geschiebelehm *Schicht 2* maßgebend ansteht und der in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen ist, zusätzliche Maßnahmen zur frostsicheren Gründung der Oberflächenbefestigungen in Form des Einbringens einer Frostschutzschicht (FSS) erforderlich.

Es liegen nach derzeitigem Wissensstand zur zukünftigen Nutzung sowie den Randbedingungen und Anforderungen an die RStO 12 / z. B. den geplanten Straßen / Fahrwegen und Stellflächen, etc. im B-Plan-Gebiet momentan keine Angaben zur Bauweise vor, so dass kein direkter Vorschlag zum Befestigungsaufbau gegeben werden kann (*nur Versuch, weiter unten*).

Der Nachweis der erforderlichen Mindest-Scherparameter sowie der Nachweis des erreichten Verdichtungsgrads (D_{Pr}) und der Tragfähigkeit (E_{V2}), gemäß ZTV E-StB 17 und der RStO 12, ist mittels Versuchen zu erbringen. Lässt sich das erforderliche Verformungsmodul auf dem Planum nicht durch Verdichten erreichen, so ist, wie bereits o. g., entweder der Untergrund zu verbessern, zu verfestigen oder die Dicke der ungebundenen Tragschichten (STS), ggf. auch der ungebundenen Frostschutzschicht (FSS) zu erhöhen, etc..

Unter einer Oberflächenbefestigung (z. B. Pflaster / eher Asphalt) im Bereich der geplanten Straßen / Fahrwege, Stellflächen und auch Gehwege wird für die Herstellung der Schottertragschicht nach Möglichkeit auf die Verwendung von güteüberwachtem scherfesten Betonrecycling RC 0/32 (*möglich nur außerhalb von Trinkwasserschutzzonen*) nach TL SoB-StB 04/07 verwiesen. Das Material gewährleistet aufgrund seiner Korngrößenverteilung bei geringer Entmischungsneigung eine gute Verdichtbarkeit. Es wirken sich auch die resthydraulischen Eigenschaften der enthaltenen Betonbestandteile günstig auf das Tragverhalten und damit auf die Tragfähigkeit der Gesamtbefestigung aus.

Der Einbau hat in Lagen (Dicke $d = 10 - 15 \text{ cm}$) bei optimalem Wassergehalt zu erfolgen, um eine sachgerechte Profilierung und Verdichtung zu erreichen.

Bei der Auswahl einer Oberflächenbefestigung kann aus dem Aspekt der Gewährleistung einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit auch ein Natur-Baustoff 0/32 als Schottertragschichtmaterial verwendet werden (hier innerhalb von Trinkwasserschutzzonen erlaubt).

Im Rahmen von Erdarbeiten und Arbeiten in der Planumszone sollte für den Bereich des Planums bis 0,5 m unter dem Planum ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ nachgewiesen werden.

Im **Untersuchungsgebiet an den Standorten der BS 3 und der BS 4** sind nach den Erkundungsergebnissen und auch nach Bodenverbesserungsarbeiten (bei der BS 3) überwiegend nichtbindige, nicht frostempfindliche F 1-Böden / SE / SU in der Planumszone und darunter verbreitet und zu erwarten. Die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 (nicht frostempfindlich) kann demnach für die Bemessung der Oberflächenbefestigung im Standortbereich der BS 3 und BS 4 angesetzt werden. Hier sind keine zusätzlichen Maßnahmen zur frostfreien Gründung der Oberflächenbefestigung (Straße / Fahrbahn, Stellflächen und auch Gehwege) in den Sanden SE / SU erforderlich. Die Schichtdicken sind sicherlich nach den Tragfähigkeitsvorgaben der RStO 12 und den vorhandenen lokalen Baugrundverhältnissen zu bestimmen und festzulegen (ungebundene Tragschichten).

Für die Gesamttiefe / -dicke des frostsicheren Wege-, / Straßen-, / Fahrbahn- und Befestigungsaufbaus wird eine Mächtigkeit von eher 0,3 m / Gehweg und von eher 0,4 m bis max. 0,5 m / Straße vorgeschlagen.

Entsprechend der Nutzungsart und Lage der Straßen (Verkehrsflächen) im B-Plan Nr. 25/19 - hier Annahme einer „Wohnstraße“ = RStO 12, Tabelle 2 - wird für die Straßen die **Belastungsklasse Bk1,0 / Bk0,3 (Wohnstraße / auch Wohnweg Straßen-Kategorie ES V)** vorgeschlagen.

Befestigungsaufbau für Straßen in Asphaltbauweise gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 5, Bk1,0 (bei frostunempfindlichen F 1-Böden, Sand SE / SU Bereiche BS 3 und BS 4):

Mächtigkeit [m]	Aufbau
0,04	Asphaltdeckschicht
0,10	Asphalttragschicht
0,26 bis 0,36	Schottertragschicht $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ (Schicht aus frostunempfindlichem Material)

Bei einer **Gesamtdicke der Fahrbahn über dem Planum** ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) von 0,4 bis **0,5 m.**

Befestigungsaufbau für Straßen in Asphaltbauweise gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 5, Bk0,3 (bei frostunempfindlichen F 1-Böden, Sand SE / SU Bereiche BS 3 und BS 4):

Mächtigkeit [m]	Aufbau
0,04	Asphaltdeckschicht
0,08	Asphalttragschicht
0,18 bis 0,28	Schottertragschicht $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (Schicht aus frostunempfindlichem Material)

Bei einer **Gesamtdicke der Fahrbahn über dem Planum** ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) von 0,3 bis **0,4 m**.

Im **Untersuchungsgebiet an den Standorten der BS 1 und der BS 2** sind nach den Erkundungsergebnissen und auch nach evtl. Bodenverbesserungsarbeiten überwiegend bindige, sehr frostempfindliche F 3-Böden hier Geschiebelehm / SU* - TL, ST* in der Planumszone und darunter verbreitet und zu erwarten. Die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) kann demnach für die Bemessung der Oberflächenbefestigung im Standortbereich der BS 1 und BS 2 angesetzt werden. Hier sind demnach zusätzliche Maßnahmen zur frostfreien / frostsicheren Gründung der Oberflächenbefestigung (Straße / Fahrbahn, Stellflächen und auch Gehwege) im bindigem Geschiebelehm SU* - TL, ST* erforderlich. Die Schichtdicken sind sicherlich nach den Tragfähigkeitsvorgaben der RStO 12 und den vorhandenen lokalen Baugrundverhältnissen zu bestimmen und festzulegen (ungebundene Tragschichten STS und FSS).

Für die Gesamttiefe / -dicke des frostsicheren Wege-, / Straßen-, / Fahrbahn- und Befestigungsaufbaus wird eine Mächtigkeit von eher 0,3 m / Gehweg und von eher 0,5 m bis max. 0,6 m / Straße vorgeschlagen.

Entsprechend der Nutzungsart und Lage der Straßen (Verkehrsflächen) im B-Plan Nr. 25/19 - hier Annahme einer „Wohnstraße“ = RStO 12, Tabelle 2 - wird für die Straßen die **Belastungsklasse Bk1,0 / Bk0,3 (Wohnstraße / auch Wohnweg Straßen-Kategorie ES V)** vorgeschlagen.

Befestigungsaufbau für Straßen in Asphaltbauweise gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 3, Bk1,0 (bei frostempfindlichen F 3-Böden, Lg SU*-TL, ST* Bereiche BS 1 und BS 2):

Mächtigkeit [m]	Aufbau
0,04	Asphaltdeckschicht
0,10	Asphalttragschicht
0,26	Schottertragschicht $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ (Schicht aus frostunempfindlichem Material)
0,10 bis 0,20	Frostschuttschicht $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$

Bei einer **Gesamtdicke der Fahrbahn über dem Planum** ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) von 0,5 bis **0,6 m**.

Befestigungsaufbau für Straßen in Asphaltbauweise gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 3, Bk0,3 (bei frostempfindlichen F 3-Böden, Lg SU*-TL, ST* Bereiche BS 1 und BS 2):

Mächtigkeit [m]	Aufbau
0,04	Asphaltdeckschicht
0,08	Asphalttragschicht
0,18	Schottertragschicht $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (Schicht aus frostunempfindlichem Material)
0,10 bis 0,20	Frostschuttschicht $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$

Bei einer **Gesamtdicke der Fahrbahn über dem Planum** ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) von 0,4 bis **0,5 m**.

Sollten die geplanten Straßen im B-Plan Nr. 25/19 in eine andere Belastungsklasse als Bk1,0 / Bk0,3 eingeordnet werden oder wird eine andere Befestigungsart z. B. Pflasterbauweise gewählt werden, dann ist RStO 12 entsprechend anzuwenden.

Grundstücksentwässerung (Erschließung / Entwässerung) BS 1 bis BS 4

- Versickerungsfähigkeit der Böden / - gesamter Bereich BS 1 bis BS 4 -
(z. B. Versickerung von Niederschlagswasser / Regenwasserversickerung
- Dachentwässerung / Grundstück -

Bewertung der Versickerung nach Bodenuntersuchungen / Bohrergebnissen:

Die Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit korrelativ aus der Korngrößenverteilung ergab kf -Werte in der Größenordnung von $k_f = 5,3 \times 10^{-5}$ bis $1,7 \times 10^{-4}$ m/s für die Bodenart SE / und $k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ bis $7,9 \times 10^{-5}$ m/s für die Bodenart SU / natürliche Böden, Sande / Schicht 3 (siehe Anlage 4, Ergebnisse der 12 Nasssiebungen aus - BS 1 bis BS 4 -).

Für die bindige Bodenart Geschiebelehm SU* - TL, ST* konnten Wasserdurchlässigkeiten korrelativ aus der Korngrößenverteilung, d. h. kf -Werte in der Größenordnung von $k_f = 9,5 \times 10^{-8}$ bis $1,5 \times 10^{-8}$ m/s / SU* - TL sowie $9,3 \times 10^{-6}$ m/s / ST* für den natürlichen Boden, Lehm / Schicht 2 ermittelt werden (siehe Anlage 4, Ergebnisse der 3 Siebungen / komb. Sieb- / Schlämmanalysen aus - BS 1 bis BS 3 -).

Des Weiteren sind die im Kapitel 3 genannten regionalen Erfahrungswerte zur Wasserdurchlässigkeit für weitere nichtbindige Bodenarten SE und SU, die auch unterhalb des HGW anstehen und für die bindigen Bodenarten Geschiebelehm / -mergel SU* - TL und ggf. schluffiger Sand SU* zu beachten.

Generell sind für die am Standort aufgeschlossenen Bodenarten folgende Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (hier wie zuvor ermittelt und auch empirisch geschätzt) zu beachten:

$k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ bis $5,0 \times 10^{-5}$ m/s für die Bodenart OH / [OH] *des Weiteren geschätzt*
(durchlässig, versickerungsfähig)

$k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ bis $7,9 \times 10^{-5}$ m/s für die Bodenart SU / [SU] siehe Anlage 4 / Siebung
(durchlässig, versickerungsfähig)

$k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ bis $1,0 \times 10^{-4}$ m/s für die Bodenart SU / [SU] *des Weiteren geschätzt*
(durchlässig, versickerungsfähig)

$k_f = 5,3 \times 10^{-5}$ bis $1,7 \times 10^{-4}$ m/s für die Bodenart SE / [SE] siehe Anlage 4 / Siebung
(durchlässig bis stark durchlässig, versickerungsfähig)

$k_f = \text{ca. } 1 \times 10^{-4}$ bis $5,0 \times 10^{-4}$ m/s bis max. ca. $1,0 \times 10^{-3}$ m/s für die Bodenart SE *des Weiteren geschätzt* (durchlässig bis stark durchlässig, versickerungsfähig) und

$k_f = 9,6 \times 10^{-6}$ und $9,5 \times 10^{-8}$ bis $1,5 \times 10^{-8}$ m/s für die Bodenart SU* - TL / ST* / Lg siehe
Anlage 4 / Siebung (sehr schwach bis schwach durchlässig,
bedingt bis nicht versickerungsfähig)

$k_f = 1 \times 10^{-9}$ bis 1×10^{-7} m/s (*geschätzt*) für die Bodenart SU* - TL / Lg / Mg (sehr schwach bis schwach durchlässig, nicht versickerungsfähig)

$k_f = 1 \times 10^{-7}$ bis 1×10^{-5} m/s (*geschätzt*) für die Bodenart SU* **nicht erkundet !** (*schwach durchlässig bis durchlässig, nicht bis bedingt versickerungsfähig*)

- Einstufung nach FGSV – Merkblatt 947: durchlässig ($\geq 5,4 \times 10^{-5}$ m/s), versickerungsfähig für SE / SU

- Einstufung nach DWA-A 138: versickerungsfähig ($\geq 10^{-6}$ m/s)

Die am gesamten Standort in der Bodenzone unterhalb der wenig tragfähigen Böden (Mutterboden / Schicht 1) erbohrten nichtbindigen Sande sind mit den ermittelten k_f -Werten (untergeordnet vertreten und ermittelt als durchlässig (10^{-5} m/s, auch geschätzt / SU) bis **größtenteils ermittelt durchlässig bis stark durchlässig (10^{-5} m/s, überwiegend 10^{-4} m/s** und geschätzt / SE) und damit als versickerungsfähig zu bewerten.

Für die Versickerung relevanten Böden der Bodengruppen SE / SU / Schicht 3 sollten am Standort von kf-Werten für die Bodengruppe SE zwischen $5,3 \times 10^{-5}$ bis $1,7 \times 10^{-4}$ m/s (Siebung) und für die Bodengruppe SU zwischen $1,0 \times 10^{-5}$ bis $7,9 \times 10^{-5}$ m/s (Siebung) ausgegangen werden.

Neben den zuvor genannten gesiebten Sanden SE und SU oberhalb (wegen kf-Wert-Bestimmung auch für eine mögliche Bemessung einer Grundwasserabsenkung / Wasserhaltung) des Grundwasserspiegels wurden in den 4 Bohrungen noch weitere Sande (z. T. auch Mittelsande mit geschätzten kf-Werten zwischen 1×10^{-4} bis ggf. 5×10^{-4} m/s, ggf. bis max. 1×10^{-3} m/s / hier auch Grobsand) erbohrt, hier z. T. auch unter- als auch oberhalb von bindigen, wasserstauenden Böden (hier Geschiebelehm bei BS 1 bis BS 3). Diese Sande kommen für die Versickerung von Oberflächenwasser z. T. auch in Frage.

Insgesamt werden die maßgeblich natürlich anstehenden nichtbindigen Sande SE / SU / Schicht 3 (ggf. auch als Auffüllung dann [SE] / [SU]) als durchlässig bis stark durchlässig eingestuft. Sie sind demnach als versickerungsfähig einzuordnen.

Die oberflächennah erkundeten nichtbindigen humosen Sande des natürlichen Mutter- / Oberbodens (auch umgelagert) können mit geschätzten kf - Werten in der Größenordnung von $k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ bis $5,0 \times 10^{-5}$ m/s ebenfalls als durchlässig und damit als versickerungsfähig eingestuft werden.

Das im Untersuchungsgebiet auch, jedoch für die Versickerung - außer auf die Bereiche der BS 1 und BS 2, ggf. BS 3 - eher untergeordnet, aufgeschlossene bindige Lockergestein Geschiebelehm SU* - TL, ST* ist als sehr schwach bis schwach durchlässig einzustufen und damit nicht versickerungsfähig (gilt für SU* - TL, ST* Lehm), / vgl. RAS - Ew.. Die Wasserdurchlässigkeitswerte des für die Versickerung nur in den Bereichen der BS 1 und BS 2, ggf. BS 3 oberflächennah erkundeten und auch vorhandenen Geschiebelehms können auf der Grundlage regionaler Erfahrungen in der Größenordnung von $k_f = 10^{-9}$ bis 10^{-7} m/s bzw. nach den Siebungen in der Größenordnung von $k_f = 10^{-8}$ m/s bis 10^{-6} m/s angegeben werden.

Unter Berücksichtigung des anzunehmenden Höchstgrundwasserstandes (HGW) am Standort dessen Ordinate etwa 0,5 bis 1,0 m oberhalb des angegebenen Grundwasser- / Flurabstandes liegen wird **(HGW hier z. B. bei ca. 8,5 m / BS 2 ohne Bedeutung) bzw. bei ca. 2,5 - 3,0 m unter Ansatz / GOK bei der BS 3 (Bohrung ohne Grundwasser / Flur, Schätzwert HGW Stauwasser über dem Lehm, siehe Kapitel 2)**, sollte eine Versickerung von Oberflächenwasser (außer zunächst in den Bereichen der BS 1 und BS 2, siehe relativ oberflächennahe Lehm-Verbreitung mit HGW-Schätzwert nahe der Geländeoberkante) ohne größere Einschränkungen am Standort in der oberen und tieferen Bodenzone möglich sein.

Dies trifft im Prinzip für den überwiegenden Teil des Standortes also für die Bohrstandorte der BS 3 und vor allem der BS 4 sowie nach Durchörterung der oberflächennahen Lehm-Verbreitung / -lage auch bei der BS 1 und BS 2 zu.

Das anfallende Regenwasser (auch von den Dachflächen der neuen Gebäude und im bestimmten Abstand zu diesen) kann direkt in den o. g. natürlichen Sanden SE / SU am nahezu gesamten Standort (BS 3 und vor allem BS 4 und nach Durchörterung der oberflächennahen Lehm-Verbreitung / -lage auch bei der BS 1 und BS 2) versickert werden bzw. zur Versickerung gebracht werden - ohne größere zusätzliche Maßnahmen (außer ggf. am Standort der BS 1 und BS 2, siehe oberflächennahe Lehm-Verbreitung und geschätzter relativ hoher HGW-Stand).

Der Standort ist insgesamt gesehen für eine Versickerung von Oberflächen- / Regenwasser an den genannten erkundeten Standorten der BS 3 und vor allem der BS 4 (und nach Durchgründung / -örterung auch bei BS 1 und BS 2 siehe hier Stauwassergefahr!) geeignet. Das Wasser am geplanten und vorhandenen Fahrbahnrand kann auch über ein Mulden- oder ein Mulden-Rigolen-System in die durchlässigen, trockenen oberen und unteren Sande SE / SU, hier oberhalb des Grundwasserstandes bei der BS 2 sowie oberhalb der angenommenen, geschätzten HGW-Ordinate bei der BS 3 sowie unterhalb der Lehmlagen bei der BS 1/BS 2 -nach Durchörterung dieser- abgeleitet und versickert werden (s. nachfolgende Betrachtung!). In situ wird die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes im Untersuchungsgebiet überwiegend und maßgeblich von den bodenphysikalischen Eigenschaften der durchlässigen und stark durchlässigen nichtbindigen Sande SE / SU und andererseits, eher untergeordnet (Bereich der BS 1 bis BS 3 - hier dann oberflächennah bei der BS 1 und BS 2 / SU* - TL, ST* Lehm, z. T. auch im tieferen Untergrund, siehe Grundmoräne Lehm bei 3,5 - 5,9 m / BS 3), von den bodenphysikalischen Eigenschaften des sehr schwach bis schwach durchlässigen Bodens (Geschiebelehm SU*-TL, ST*) bestimmt. Der oberflächennah erkundete Mutterboden ist ebenfalls als durchlässig und damit als versickerungsfähig zu bewerten.

In der Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse ist festzustellen, daß die **Baugrund- / Boden- / Untergrundsituation** unter den vorgegebenen und gegebenen hydrologischen und geologischen Randbedingungen (ausreichende Mächtigkeit der wasserdurchlässigen Versickerungszone bzw. erforderliche Mächtigkeit des wasserdurchlässigen Sickerraumes $M \geq 1 \text{ m}$, gemäß DWA-A 138 bzw. Abstand zum Grundwasserspiegel $d \geq 1 \text{ m}$, incl. HGW) am nahezu gesamten Standort - hier BS 3 und vor allem BS 4 sowie nach Durchörterung der Lehmlagen auch bei der BS 1 und BS 2) - im Prinzip **dazu geeignet** ist, **ohne zusätzliche Maßnahmen** eine **freie Entwässerung / Versickerung** z. B. über ein Mulden-Rigolen-System bzw. über Mulden- / Straßenmulden / -gräben auch Flächenversickerung in der oberen und unteren (unter dem Lehm) erkundeten, versickerungsfähigen Bodenzone **zu gewährleisten.**

Der Anschluß an eine Vorflut (wie z. B. Sedimentbecken / Regenrückhaltebecken / Retentionsbecken mit Überleitung in die Vorflut (Notüberlauf / Drosselabfluss) bzw. ggf. die Verlegung von RW-Kanälen) ist aus den gegebenen Umständen und entsprechend den Untersuchungsergebnissen in den zuvor genannten Standortbereichen der BS 3 und vor allem BS 4 sowie nach Durchörterung der Lehmlagen auch bei der BS 1 und BS 2 (außer ggf. bei der BS 1 und BS 2, hier dann ohne Durchörterung der Lehmlagen) im Prinzip nicht notwendig.

Bei der Auswahl der Versickerungsanlagen hat am gesamten geplanten Standort das Grundwasser (siehe *sehr tiefer Grundwasserstand bei der BS 2 überwiegend kein Grundwasser erkundet und ggf. untergeordnet mögliche temporäre Schichten- und Stauwasserstände nur bei bindigen Böden / siehe BS 1 bis BS 3*) und haben die eingeschätzten HGW (siehe Kapitel 2) - hier ggf. nur im Bereich der BS 1 und BS 2 einen geringen Einfluß auf die Baumaßnahme - ansonsten keinen Einfluß auf die vorgesehene Baumaßnahme und ist demnach (außer bei der BS 1 und der BS 2) auch nicht zu beachten. Dies ergibt sich aufgrund des z. T. relativ großen Abstands / Flurabstands vom Grundwasser und HGW zum Gelände bei der BS 2 (keine negative Auswirkung auf eine oberflächennahe Versickerung). Im Bereich der BS 1 und BS 2 - mit maßgeblich und relativ oberflächennah anstehendem, wasserstauendem Lehmboden - ist eine evtl. vorgesehene oberflächennahe Versickerung - ohne Durchörterung des Lehmbodens - nicht möglich und zu empfehlen. Das anfallende Regenwasser kann hier nicht tiefgründig versickern (ggf. ist eine Überleitung auf andere versickerungsfähige Bereiche wie bei der BS 4 und auch BS 3 möglich).

Die nachfolgende Betrachtung gilt nur für den Bereich der BS 1 und BS 2, ohne Möglichkeit des Bodenaustausches / der Durchgründung bzw. Durchörterung der Lehmschichten oder wenn kein Sickerschacht möglich ist:

Sollten aus planerischer Sicht die Grundwasserverhältnisse (hier temporäres Schichten- und Stauwasser) für die Versickerung des Wassers am Standort bei der BS 1 und BS 2 von Bedeutung sein und ist eine Überleitung in andere versickerungsfähige Bereiche bzw. die Errichtung von Sickerschächten nicht möglich, so ist der Anschluss an eine Vorflut (z. B. Sediment-, / Regenrückhalte-, / Retentionsbecken mit Überleitung in die Vorflut (Notüberlauf / Drosselabfluss) bzw. ggf. die Verlegung von RW-Kanälen) am Standort der BS 1 und BS 2 dann erforderlich und sollte mit in die Planungen einbezogen werden. Es wird in diesem Fall empfohlen, das anfallende Wasser seitlich zu fassen und über ein Retentionsbecken mit Notüberlauf (Drosselabfluß) in die Regenwasserkanalisation (Vorflut) abzuleiten. Die Vorgehensweise sollte nur im Falle der Realisierung mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden. *Diese Variante sollte eher der Vollständigkeit halber erwähnt, als von praktischer Bedeutung sein!*

Für den Fall des Einsatzes von durchlässigen Austauschböden (Sande /Kiese) an der Geländeoberfläche an den Standorten der BS 1 und BS 2 ist unbedingt darauf zu achten, dass mögliche, insbesondere oberflächennahe Austauschböden im relevanten möglichen Versickerungsbereich in nicht zu dichter Lagerung eingebaut werden.

Eine zu dichte Lagerung wirkt sich negativ auf die Versickerung von Oberflächen- / Niederschlags- / Regenwasser aus.

Im Falle einer möglichen Ausführung eines Mulden / ggf. Mulden-Rigolen-Systems wird zur Begrünung (z. B. Rasen / Randbereiche) nur das Aufbringen einer dünnen Vegetationsschicht (hier nichtbindige, durchlässige humose Sande, d. h. ohne Schluffanteil), etwa in einer Dicke von $D = 0,1$ bis $0,2$ m, empfohlen. Die Vorgehensweise sollte hier ggf. mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.

Für die Planung wird zu näheren konstruktiven Details auf die Arbeitsblätter DWA-A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“ und DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ verwiesen.

In diesem Zusammenhang wird ebenfalls auf das ‘Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen’, Ausgabe 1998 (FGSV 947), auf die ‘Hinweise zur Versickerung von Niederschlagswasser im Straßenraum’, Ausgabe 2002 sowie auf die ‘Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung - RAS-Ew’, Ausgabe 2005 (FGSV 539) hingewiesen.

3. Medien-Erschließungen (Tief- / Rohrleitungsbau, hier Neu- und ggf. Umverlegungen im Rahmen der Gesamtbaumaßnahme)

- BS 1 bis BS 4 - (Erschließung Straße und Grundstück)

Für den geplanten Bau von Rohr- und Medienleitungen verschiedener Art (wie Trinkwasserleitungen / Regenwasserkanalleitungen / Schmutzwasserkanalleitungen, Elektroleitungen etc.) in offener Bauweise z. B. auch bei möglichen Umverlegungen von Leitungen im Rahmen der Baumaßnahme sind Baugruben und Gräben anzulegen.

Die Baugruben und Gräben sind mit einem Verbau entsprechend DIN 4124 auszuführen (siehe auch „Weitere Hinweise zur Bauausführung“ am Ende des Gutachtens !).

In Abhängigkeit der konkreten Verlegetiefen (i. d. R. von bis $t = 1,5$ bis $2,5$ m / 3 m, ggf. auch flacher und tiefer unter GOK) kann die Verlegung von Rohr- und Medienleitungen verschiedener Art (wie Trinkwasserleitungen / Regenwasserkanalleitungen / Schmutzwasserkanalleitungen, Elektroleitungen etc.) in offener Bauweise, unter Berücksichtigung der konkreten Wasserverhältnisse (z. B. beim möglichen Antreffen von Grundwasser, hier eher temporäres, schwebendes Stau- und Schichtenwasser oberhalb und innerhalb der Lehmlagen) im Leitungsraben, dann ggf. Wasserhaltung / WH (i. d. R. offene WH mittels Pumpensumpf) erforderlich und dann ggf. auch geschlossene Wasserhaltung vorzuhalten bzw. kann möglich sein) bei Vorhandensein von überwiegend nichtbindigen, natürlichen Böden, hier nichtbindige Sande SE / SU (Schicht 3) im Bereich der Rohrsohlen, wie maßgeblich und überwiegend auch angetroffen, direkt innerhalb dieser nichtbindigen Lockergesteine SE- / SU-Boden erfolgen.

Dies wird und kann bei den üblichen und genannten Verlegetiefen und nach den Erkundungsergebnissen in einem Großteil des gesamten Untersuchungsgebietes auch der Fall sein (siehe Standorte der BS 3 und BS 4 sowie unterhalb der Lehmlagen auch an den Standorten der BS 1 und BS 2).

Voraussetzung ist, dass die natürlich anstehenden nichtbindigen Sande SE / SU, wie fast durchweg auch erkundet (außer Bereich der BS 3 hier relativ oberflächennahe lockere Lagerung der Sande SU von $0,7$ m bis $1,7$ m unter GOK, eine Nachverdichtung der Sande ist hier erforderlich und ausreichend!) eine mindestens mitteldichte sowie mit zunehmender Tiefe sogar dichte /sehr dichte Lagerung aufweisen, siehe Kapitel 3.

Die nichtbindigen Sande SE / SU / Schicht 3 (auch in ggf. anzutreffender aufgefüllter / umgelagerter Form, dann unter den genannten Bedingungen, z. B. [SE, SU]) sind nach den Ergebnissen der Korngrößenverteilungen (siehe Anlage 4) bezüglich der Verdichtungswilligkeit sehr schwer verdichtbar (Ungleichförmigkeitszahl $C_u \leq 2$ (3x) nachgewiesen), schwer verdichtbar (Ungleichförmigkeitszahl $C_u = 2 - 3$ (6x) überwiegend nachgewiesen) sowie normal verdichtbar (Ungleichförmigkeitszahl $C_u = 3 - 7$, (1x) nachgewiesen). Die schwere Verdichtbarkeit des Bodens ist am Standort durch die überwiegend erkundeten gleichförmig und gleichkörnig ausgebildeten Sande begründet, ggf. genetisch (Düne) bedingt.

Die angetroffenen bindigen Böden wie Geschiebelehm / ggf. -mergel (hier bei der BS 1, BS 2 sowie BS 3) werden in Abhängigkeit von ihrem plastischen Verhalten (Plastizitätsindex) der Verdichtungswilligkeit zugeordnet. Demnach sind schwach, leicht plastische bindige Böden (wie UL / TL) gut verdichtbar und mittel plastische bindige Böden (wie UM) normal verdichtbar. Die Böden müssen in einer steifplastischen bis halbfesten Konsistenz, wie überwiegend auch der Fall, siehe bei der BS 1 bis BS 3, vorliegen.

Da Auflockerungen im Bereich der Rohrsohle, bedingt durch die Erdarbeiten, nicht auszuschließen sind, wird empfohlen, die Rohrsohle der Baugruben und auch der offenen Leitung (bei offener Bauweise) im gesamten Standortbereich, unter Beachtung der Bodenverhältnisse (siehe bindige Böden / Lehm bei der BS 1 bis BS 3) und auch der Wasserverhältnisse (nur bei in der Leitungszone / dem -graben möglichem Grundwasser, hier temporärem, schwebenden Stauwasser und Schichtenwasser sowie unter Beachtung des HGW, siehe Kapitel 2) - kann z. B. bei der BS 1 - BS 3 praktisch der Fall sein - auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98\%$ gilt für nichtbindige Böden SE / SU) / Schicht 3 und mindestens $D_{Pr} \geq 97\%$ gilt für bindige Böden (Lehm / ggf. Mergel / Schicht 2 bei BS 1 bis BS 3) nachzuverdichten.

Der Nachweis der Verdichtung der Verfüllung sollte durch baubegleitende Prüfverfahren nach den ZTV A-StB 12 erbracht werden.

Die Lagerungsdichte der durch die Rammsondierungen erkundeten Bereiche - gilt für die natürlichen SE-/ SU-Böden / Schicht 3 - ist überwiegend mitteldicht sowie auch dicht / sehr dicht, (bis auf den Bereich der BS 3 von $t = 0,7$ bis $1,7$ m unter GOK, relativ oberflächennahe lockere Lagerung!), insbesondere innerhalb der zuvor, o. g. und anzunehmenden Verlegetiefen der Leitungen, siehe auch Kapitel 3.

Gegebenenfalls während der Bauausführung anzutreffende locker gelagerte Bereiche (Sandbereiche SE / SU) größerer Mächtigkeit ($d > 0,5$ m), hier ggf. anzutreffende sandige Auffüllungen und die locker gelagerten natürlichen Sande bei der BS 3 (lockere Lagerung bis $1,7$ m unter GOK!, hier ist eine Nachverdichtung der Sande erforderlich!), sind in der Regel, wenn nicht bereits durchgründet, unterhalb der Rohrsohlen herauszunehmen und in Lagen ($0,2 - 0,3$ m Schichtdicke) bis zum Gründungsniveau / zur Gründungssohle der Leitungen wieder einzubauen und zu verdichten (Hinweise zur Verdichtung und den Verdichtungszielen siehe zuvor!). Dabei sind evtl. vorhandene Fremdstoffe vor dem Einbau aus z. B. nichtbindigen Auffüllungen etc. unbedingt zu entfernen!

Da im Standortbereich bei den o. g. und anzunehmenden auch geplanten Verlegetiefen von bis zu $t = 1,5$ bis $2,5$ m / max. 3 m unter GOK und flacher sowie auch tiefer, wie z. B. im erkundeten Bereich der BS 1 bis BS 3 / hier Geschiebelehm, evtl. auch schluffige Sande der Bodengruppe SU*, ggf. auch Schluff (z. B. Beckenschluff / dann Bodengruppe UL) im Bereich der Grabensohle bindiger Boden (wie Geschiebelehm / BS 1 bis BS 3) ansteht bzw. anstehen kann, ist folgendes zu beachten:

Die Verlegung der Medien- / Rohr-Leitungen sollte hier auf einem Gründungspolster / Auflager aus steinfreiem nichtbindigem Sand / Kiessand erfolgen.

Beimengungen von groben Kiesen und Steinen sind zu vermeiden (Beschädigungsgefahr!). Die bindigen Lockergesteinshorizonte (z.B. erkundeter Geschiebelehm bei der BS 1 bis BS 3, z. B. auch anzutreffender Schluff und schluffige Sande in Schichten und z. B. in relativ dünnen Lagen / Schluff) sind als wasserempfindlich einzustufen.

Der Graben sollte deshalb nicht länger als nötig offen gehalten und den Niederschlägen ausgesetzt werden. Der Bodenaushub ist bereichsweise nur gering verdichtungsfähig und sollte bei zu hohem Durchfeuchtungsgrad (ggf. weiche bis steife / weiche Konsistenz evtl. im Bereich der BS 3 nur sehr oberflächennah von 3,5 bis 3,8 m unter GOK, siehe Anlage 2) ggf. nicht wieder eingebaut werden (Bodenaustausch!).

Stehen in Rohrsohlentiefe wider Erwarten evtl. aufgeweichte, bindige Böden, hier Geschiebelehm / -mergel / BS 3 u. a. oder z. B. Schluff ggf. in weicher bis breiiger Konsistenz an, so sind diese durch gut abgestufte Sande (oder Magerbeton) zu ersetzen.

Der Austauschboden, aus einem scherfesten Material (Sand-Kies-Gemisch), ist in Schüttlagen $d \leq 0,3$ m einzubauen und fachgerecht unter Beachtung des optimalen Wassergehaltes und des Grundwassers (hier Stau- / Schichtenwasser) zu verdichten (Verdichtungsziele und -nachweise wie bekannt zuvor beschrieben!).

Der Nachweis der Verdichtung der Verfüllung bzw. der Austauschzone sollte auch hier durch baubegleitende Prüfverfahren nach den ZTV A-StB 12 erbracht werden.

Die im Standortbereich aufgeschlossenen humosen Böden, d. h. die relativ oberflächennah und maßgebend angetroffenen Oberboden- / Mutterbodenschichten sind als setzungsempfindlich einzustufen und besitzen daher nur eine geringe Tragfähigkeit.

Diese Böden sind in der Regel, insbesondere bei deutlichen Anteilen an organischen Bestandteilen (hier Bodenarten wie Mutterboden / Moorerde, auch Torf und Mudde, etc.), insbesondere in der Rohrleitungszone sowie Gründungszone von Leitungen - unter Beachtung der Grundwasserverhältnisse / ggf. offene Wasserhaltung, Grundwasserabsenkung - vollständig auszutauschen (Bodenaustausch wie gehabt) oder zu durchgründen.

Dabei gelten die bereits zuvor erwähnten Aussagen bzgl. des Austauschmaterials und der Art und Weise des Bodenaustausches (Verdichtung sowie der Verdichtungsanforderungen).

Vor dem Einbau des Austauschmaterials ist die Aushubsohle / Gründungssohle entsprechend den Anforderungen der ZTV E-StB 17 - *unter Berücksichtigung der Wasser- als auch Bodenverhältnisse (hier ggf. zu praktizierende Wasserhaltung, eher offene Grundwasserabsenkung bei Stauwasser über der Grundmoräne (Lehm), kann entsprechend der Boden- und möglichen Grundwasserstände und des HGW praktisch auch der Fall sein)- nachzuverdichten!*

Die Verdichtung ist auch hier durch entsprechende baubegleitende Prüfverfahren nachzuweisen.

Zum Nachweis der Verdichtung der Verfüllung bzw. der Austauschzone sind ebenfalls baubegleitende Prüfverfahren nach den ZTV A-StB 12 zwingend erforderlich. Derartige, von organischen / organogenen Böden durchsetzte Bereiche, *insbesondere von größerer Mächtigkeit*, sind im Rahmen der Bauausführung in ihrer örtlichen Verbreitung näher einzugrenzen bzw. sollten näher eingegrenzt werden (aus Gründen der Planungssicherheit).

Sollten bei der Bauausführung (Verlegung von Leitungen) wider Erwarten organische bzw. organisch durchsetzte Böden, insbesondere weitere ± humose Sand-Auffüllungen und Moorerde sowie vor allem Moorböden (Torf / Mudde) angetroffen und dann nicht durchgründet werden bzw. ggf. in einer Mächtigkeit angetroffen werden, die in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit des vollständigen Bodenaustausches unrealistisch ist, so ist zu überprüfen, ob zur Stabilisierung des Baugrundes / der Gründungssohle, in Abhängigkeit von den zum Einsatz kommenden Leitungen / Kanälen (Auflast) und in Zusammenhang mit einem ggf. auszuführenden Teilbodenaustausch, die Verwendung von Geotextilien (Geogittern) / Geokunststoffmaterialien angebracht ist. In der Regel ist jedoch eine Verstärkung der ungebundenen Tragschicht ausreichend bzw. ist diese zu überprüfen.

Auch hier werden dann zum Nachweis der Verdichtung der Verfüllung bzw. der Austauschzone baubegleitende Prüfverfahren nach den ZTV A-StB 12 zwingend empfohlen.

Sollte eine Verlegung von Medienleitungen ggf. innerhalb von Sand-Auffüllungen mit auch scharfkantigem Material erfolgen, so wird in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Auffüllung (z. B. scharfkantiges Material) und zur Vermeidung von Beschädigungen an den Leitungen empfohlen, in der Leitungs- bzw. Rohrsohlentiefe, hier Rohrleitungszone (0,3 m unter Rohrsohle), die Leitung innerhalb eines Gründungspolsters aus 0,3 m mächtigen Sanden zu verlegen (hier mit Prozedur Bodenaustausch analog zuvor beschrieben!).

Weitere Hinweise für die Bauausführung:

Verbaumaßnahmen / Herstellung von Baugruben, Fundamentgräben und Leitungsgräben

Im Rahmen der Gesamt-Baumaßnahme werden zumindest für die Herstellung von Baugruben sowie Fundamentgräben und auch von möglichen Leitungsgräben (hier für eine evtl. Neu- / Umverlegung von Leitungen in offener Bauweise, auch für Bodenaustausch- und Nachverdichtungsarbeiten, siehe Schwächezone natürliche Sande in lockerer Lagerung bei der BS 3 / Schicht 3, / ggf. aufgeweichter Lehm, etc.) Verbaumaßnahmen bzw. die Anlage von Böschungen erforderlich bzw. können diese dann erforderlich werden.

In diesem Zusammenhang ist folgendes zu berücksichtigen:

Baugruben / Einschnitte und Gräben / Fundament- und Leitungsgräben können bei Aushub-, / Einschnitt-, / Gründungs-, / Verlegetiefen von $t \leq 1,25$ m senkrecht geschachtet werden.

Bei Aushub-, / Verlege- und Gründungstiefen $t > 1,25$ m (z. B. offener Rohrleitungsbau / hier bei ggf. Bodenaustausch sowie Nachverdichtung und Verfüllung) sind Baugruben und Fundament- sowie Leitungsgräben - *bei Wasseranschnitt im Schutze von Wasserhaltungsmaßnahmen* - unter einem Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ (nichtbindiger Baugrund) sowie von $\beta = 60^\circ$ (hier beim Antreffen bindiger Böden in steifer Konsistenz, z. B. Geschiebelehm / -mergel / bei der BS 1 bis BS 3) zu verbauen (Verbaumaßnahmen!) bzw. abzuböschten (d. h. die Neigung von Böschungen bezogen auf die Horizontalen von $\beta = 45^\circ$ sowie von $\beta = 60^\circ$ darf hier nicht überschritten werden, ansonsten sind Verbaumaßnahmen erforderlich).

Zu weiteren Fragen der Standsicherheit von Baugruben und Leitungsgräben wird auf die DIN 4124 (2012) „Herstellen von Baugruben und Gräben“ verwiesen.

Aushub- und Gründungssohle / Hinweise zu Gründungsarbeiten

Da im Bereich der Aushub-, Verlege- und Gründungssohle / Rohrsohlentiefe / Planumszone (überwiegend Rohrleitungsbau / Rohrleitungszone, evtl. auch Gebäudeneubau und auch im Verkehrswegebau!) bindige Böden (wie Geschiebelehm / ggf. -mergel, siehe BS 1 bis BS 3, evtl. Schluff und ggf. auch schluffige Sande) anstehen bzw. anstehen können, sind folgende Hinweise zu berücksichtigen:

Der erschlossene und nachgewiesene bindige Boden hier Geschiebelehm bei der BS 1 bis BS 3 (evtl. Schluff, ggf. schluffiger Sand) ist als wasserempfindlich und wenig wasserdurchlässig einzustufen. Die Gründungssohle des Grabens / der Baugrube / des Planums, Straßenplanums sollte deshalb nicht länger als nötig offengehalten und den Niederschlägen ausgesetzt werden. Durch die Anlage der Baugrube (Straßen- / Grabeneinschnitt) als hydraulischer Tiefpunkt kann bei intensiven Niederschlägen während der Bauphase ein Wasserstau entstehen.

Bei den Gründungs- und Erdarbeiten / Straßenbauarbeiten ist zu beachten, dass der bindige Boden im ungestörten Zustand meistens noch ausreichend tragfähig ist. Wird der bindige Boden im Rahmen von Bauarbeiten durch Auflockerungen / Aufweichungen in seinen natürlichen Lagerungsverhältnissen gestört, so kann es bei der Gründung von Bauwerken und Bauteilen sowie Flächenbefestigungen / Straßenbau örtlich zu höheren Setzungen kommen.

Treten Störungen in der unmittelbaren Gründungsfuge / Planumszone auf, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die die ursprünglichen tragfähigen Verhältnisse wiederherstellen.

Der erkundete bindige Boden Geschiebelehm (BS 1 bis BS 3) besitzt eine geringe Plastizität und selbst bei einem geringen Wasserzutritt neigt dieser Boden dazu, schnell aufzuweichen und in eine weiche bis breiige Konsistenz überzugehen. Deshalb sollte bindiger Boden (Bodenaushub), der zur Verfüllung vorgesehen ist, vor Durchfeuchtung und vor Niederschlägen geschützt werden. Beim Vorhandensein eines hohen Wassersättigungsgrades im bindigen Boden / Geschiebelehm / -mergel und bei einer Beanspruchung der Gründungszone durch Erdbaugeräte wird schnell Porenwasserüberdruck induziert, der zu Tragfähigkeitsverlusten führt / führen kann. Daher sollte die Gewinnung des Bodens durch Handschachtung oder auch mittels Bagger mit Tieflöffel-ausführung und glatter Schneide ausgeführt werden. Zusätzlich aufgeweichter bindiger Boden sollte zum Ausgleich von Inhomogenitäten und der Verbesserung der Tragfähigkeitseigenschaften ausgehoben und durch Magerbeton (z. B. C 8/10) oder durch einen scherfesten Baustoff ersetzt werden oder mit Bindemitteln, vorzugsweise hydraulische, verbessert werden.

Während der Bauphase z. B. beim Verkehrswegebau / Errichtung von Flächenbefestigungen, Wegen / Gehwegen und auch Fahrbahnen / Zufahrten und Stellplätzen sind eine wirksame Wasserableitung auf dem Planum (*Querneigung, keine Senken und Fahrspuren !*) und die *Fassung des Oberflächenwassers in Entwässerungseinrichtungen (dazu weiter hinten im Kapitel)* erforderlich. Weiterhin ist die Herstellung des Planums möglichst in niederschlagsarmer Jahreszeit auszuführen bzw. es ist eine kurzfristige Überbauung abzusichern (Schutz des Planums).

Werden in der Aushub- und Gründungssohle von Bauwerken und Leitungszonen sowie in der Planumszone von Flächenbefestigungen Nachverdichtungen innerhalb lokaler Schwächezonen erforderlich (*siehe z. B. bei der BS 3 lockere Lagerung der Sande*), so sollten diese möglichst auf der gesamten Fläche (Sohle bzw. Zone) erfolgen (*ggf. lokale räumliche Eingrenzung der Schwächezone, insbesondere durch weitere Rammsondierungen z.B. bei der BS 3 !*).

Wasserhaltungsmaßnahmen

Im Untersuchungsgebiet wurde während der Erkundungsarbeiten (22.08. und 23.08.24) freies Grundwasser nur im Bereich der BS 2 in einer Tiefe von 9,5 m unter GOK (freies Grundwasser) angetroffen, das für die gesamte Baumaßnahme nicht relevant ist.

In den anderen Bereichen der BS 1, BS 3 sowie BS 4 wurde ggf. aufgrund der Höhenlage (Ansatzniveau) und bis zur Erkundungstiefe von 10,0 m kein Grundwasser erbohrt.

Die konkreten Grundwasserstände in den Bereichen der ausgeführten Kleinrammbohrungen sind in der Anlage 2 und im Kapitel 2 aufgeführt zusammengestellt.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung vom 22.08. und 23.08.2024 (Bohrtermine) sind im Rahmen der gesamten Bauausführung bei Gründungs- und Erdarbeiten in einer Tiefe bis 0,8 m (frostfrei / Bereich Sporthalle ohne Kellergeschoß) sowie bis max. 1,7 m (siehe hier Nachverdichtung / ggf. Bodenaustausch der locker gelagerten Sande bei der BS 3) unter GOK und vor allem in einer Tiefe zwischen 2,0 und max. 3,0 m, i. M. 2,5 m (Schulneubau mit Kellergeschoß) sowie auch im Bereich der geplanten Straßenerschließung / Verkehrswegebau (Fahrbahn / Zufahrten / Gehwege) hier in der Planumszone und darunter sowie bei Verlegetiefen von Medien-Leitungen und Rohrleitungsbau max. < 2,5 m / BS 3 **derzeitig** (Stand 22.08. und 23.08.2024 (Bohrtermine) **keine Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich** (siehe erkundetes Grundwasser bei 9,5 m unter GOK / BS 2 sowie HGW / Schätzwert, siehe Kapitel 2.

Für die Bereiche mit bindigen Böden wie Geschiebelehm (BS 1 bis BS 3), in denen mit temporärem, schwebenden Stau- und ggf. auch Schichtenwasser gerechnet werden muß bzw. dieses auftreten kann, gilt folgendes bzgl. einer Grundwasserabsenkung / Wasserhaltungsmaßnahme:

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten vorhandenen Bodenverhältnisse (bindiger Lehmboden) und der möglichen Grundwasserverhältnisse (temporäres Stau- und Schichtenwasser) können demnach für die Verlegung von Medien-Leitungen / Rohrleitungsbau in Abhängigkeit der konkreten Verlegetiefen verschiedener Medienträger und der tatsächlichen Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Baumaßnahme und der jahreszeitlichen Ausführung der Baumaßnahme Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden bzw. sind diese dann vorzuhalten. Dies gilt auch für die Bereiche des Schulneubaus mit Sporthalle (unter Beachtung der Bereiche mit und ohne Unterkellerung der tatsächlichen Gründungstiefe des Kellers und dazu der konkreten Grundwasserstände) und auch der Straßenerschließung / Verkehrswegebau in der Planumszone und dem Bereich darunter. Für die gesamte Baumaßnahme ist demnach - auch unter Beachtung der HGW-Schätzwerte für Stau- und Schichtenwasser, siehe Kapitel 2-, nicht ganz auszuschließen, dass im Rahmen der Bauausführung - ggf. auch Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden können sowie notwendig werden bzw. diese dann vorzuhalten sind.

Geringe Absenkungsbeträge bzw. eher schwach ausgebildetes Grund-, / Stau- und Schichtenwasser (z. B. bei BS 1 bis BS 3) sind bzw. ist ggf. mit einer offenen Wasserhaltung (mittels Pumpensumpf) zu bewältigen. Bei sehr starkem Wasserandrang ist eine Kombination von offener und geschlossener Wasserhaltung (Horizontalbrunnen) bzw. ist dann eine geschlossene Wasserhaltung vorzusehen (eher nicht zu erwarten!). Ebenso sollte Tagwasser auf der Baugrubensohle aufgrund der ausgeprägten Witterungsempfindlichkeit von bindigen Böden (Lehm / Mergel) vermieden werden.

Wasserhaltungsmaßnahmen können unter Umständen auch entfallen, insbesondere in der Jahreszeit Spätsommer bzw. Herbst, in der erfahrungsgemäß mit niedrigen Wasserständen zu rechnen ist. Es ist daher ggf. ratsam, die Erd- und Gründungsarbeiten möglichst in dieser Jahreszeit auszuführen.

Zur Erfassung der Ist-Situation kann das Anlegen eines Baggerschurfes unmittelbar vor Beginn der Bauarbeiten empfohlen werden.

Tagwasser auf der Baugruben- / Fundamentgrabensohle wird in den durchlässigen Sanden SE / SU schnell versickern. Das Befahren des ungeschützten Gründungsplanums (Verkehrswegebau und Schulneubau mit Keller / Baugrube) ggf. mit Radfahrzeugen ist zu vermeiden.

Erdbau / Verfüllarbeiten: Verfüllung von Baugruben / Fundamentgräben und Leitungsräben

Im Rahmen des Bauvorhabens können für die Verfüllung von Baugruben und Fundament- / Leitungsräben sowie im Bereich von Wegen / Fahrbahnen, die ggf. von den Leitungen gequert werden etc., die ausgehobenen anstehenden Sande, siehe Anlage 4 Ungleichförmigkeitszahl $C_U \leq 2$ (3 x nachgewiesen) sehr schwer verdichtbar und Ungleichförmigkeitszahl $C_U = 2 - 3$ (6 x nachgewiesen), d. h. überwiegend schwer verdichtbar aber auch normal verdichtbar = Ungleichförmigkeitszahl $C_U = 3 - 7$ (1 x nachgewiesen) verwendet werden oder werden besser die bereits beim Bodenaustausch erwähnten Böden (nichtbindige Sande und / oder Kiessande, RC-Material, Natursteinschotter), hier als Tragschicht im Wegebau, empfohlen.

Die zuvor genannten, wenig tragfähigen Böden (wie vor allem der Mutter- / Oberboden und ggf, vorhandene stark bauschutthaltige, fremdstoffbelastete Böden / Auffüllungen / ggf. auch reine Auffüllungen, etc.) sind als Füllböden für Wiederverfüllungen nicht geeignet. Sie sind vor dem Aufbringen des Füllbodens (gilt auch für Geländeanschüttungen) im Gründungsbereich von Leitungen bzw. von Wegen etc. (hier vor allem in der Planumszone und dem darunter angrenzenden Baugrund) vollständig durch das zuvor genannte Material (Sand / Kiessand, RC-Material, Natursteinschotter etc.) unter Berücksichtigung des Lastverteilungswinkels auszutauschen.

Entsprechend den gültigen Anforderungen ist der Füllboden lagenweise (Schichtdicke $d \leq 0,3$ m) bis in Höhe der Geländeoberkante (gesamte Verfüllzone) bzw. des geplanten Gründungsniveaus (z. B. Planum von Wegen und Fahrbahnen, etc.) einzubauen und fachgerecht auf einen Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} \geq 97$ % (mitteldichte Lagerung) besser auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98$ % (dichte Lagerung) zu verdichten.

Die Hinterfüllung von Bauwerken (z. B. Schulneubau mit Sporthalle mit und ohne Keller) kann mit einem nichtbindigen Füllboden (Sand / Kiessand ggf. $C_u \geq 3$) und auch mit dem anstehenden Sand (hier nur mittel- bis ggf. grobkörnig / hier z. B. bei SE-Boden, ggf. gut / normal verdichtbar mit $C_u = 3 - 7 = 1$ x nachgewiesen) erfolgen.

Dieser ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Das Hinterfüllmaterial (SE-Boden) ist lagenweise einzubauen und zu verdichten (geforderter Verdichtungsgrad mind. $D_{Pr} \geq 97\%$). Auch hier sind für die Hinterfüllung / Verfüllung entsprechende Verdichtungsnachweise zu führen (z. B. dynamische und oder besser statische (Verkehrswegebau) Plattendruckversuche oder Rammsondierungen / Wohnhausbau mit und ohne Keller !

Bei der Baumaßnahme - hier der Wiederverfüllung von Baugruben und Leitungsgräben - ist im Rahmen der Erdarbeiten für den Bereich des Planums z. B. der Wege und Fahrbahnen bis 0,5 m unterhalb des Planums ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ (dichte Lagerung) nachzuweisen.

Abdichtungsmaßnahmen:

Bei einer Unterkellerung des Gebäudes / hier Schulneubau mit Kellergeschoß und einer anzunehmenden sowie empfohlenen Gründungstiefe des Kellers i. M. von 2,5 m bis max. 3,0 m unter GOK wird das Kellergeschoß im nichtbindigen Lockergestein (Sand SE / SU; Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte ca. $k = 10^{-5}$ bis i. d. R. $> 10^{-4}$ m/s, siehe Kapitel 3 / Anlage 4) einbinden bzw. gegründet (hier bei geplanter bzw. angenommener sowie empfohlener mittlerer Gründungstiefe des Kellers ca. i. M. = 2,5 m unter GOK = Unterkante Bodenplatte = ca. +48,0 m bis +46,6 m NHN hier BS 1 - BS 4 bzgl. der Höhenangaben an den Bohrpunkten).

Es ist diesen Umständen (angenommenes mittleres Gründungsniveau des Kellers bei ca. 2,5 m unter GOK) und den hydrogeologischen Verhältnissen am Standort (erkundetes freies Grundwasser in einer Tiefe von etwa 9,5 m unter GOK (BS 2), eingeschätzter HGW Stauwasser bei BS 3 bei etwa 2,5 m bis 3,0 m unter GOK, zzgl. des Sicherheitsabstandes (SA) von 0,3 m, ergibt sich eine Ordinate des HGW + SA von 2,2 m bis 2,7 m unter GOK) eine **Abdichtung des Kellers (Bauwerk Schulneubau mit Sporthalle) gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser / nicht aufstauendes Sickerwasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W1-E** (früher DIN 18195-4) vorzusehen.

Zusätzlich ist ein Schutz der Bauwerke gegen zufließendes Oberflächenwasser gemäß DIN 18533-1:2017-07 (ggf. W4-E) (früher DIN 18195-1) vorzunehmen.

Es ist eine Bauwerksabdichtung für die Variante Gebäude / z. B. Sporthalle ohne Keller gemäß DIN 18533-1:2017-07 gegen Bodenfeuchte (und nichtdrückendes Wasser / W1-E) und auch hier ein Schutz des Bauwerkes gegen zufließendes Oberflächenwasser gemäß DIN 18533-1:2017-07 (hier ggf. auch W4-E) vorzusehen.

Gegen Bodenfeuchte (und nichtdrückendes Wasser / W1-E) ist eine Bauwerksabdichtung von erdberührten Bauwerken und Bauwerksteilen gemäß DIN 18533-1:2017-07 vorzusehen. Angaben zur Abdichtung der Gebäude hier des Kellergeschosses sind auch im Kapitel 4, Seite 30/ 31 zu beachten.

Es gilt weiterhin unter der nachfolgend genannten Voraussetzung für Gebäude mit Keller:

Sollten eine Gründung des Kellergeschosses (z. B. mit Tiefgarage, etc.) dennoch unterhalb bzw. deutlich unterhalb des zuvor genannten HGW = 2,5 m – 3,0 m unter GOK, zzgl. des Sicherheitsabstandes (SA = +0,3 m zum HGW = Ordinate 2,2 m / 2,7 m unter GOK) liegen (Gründungssohle dann >2,2 m / >2,7 unter GOK) bzw. diese Ordinate sogar deutlich unterschreiten, so ist wider Erwarten für das ganze Kellergeschoß, zumindest jedoch für die Bodenplatte (in Abhängigkeit der konkreten Gründungstiefe) eine Bauwerksabdichtung gegen drückendes Wasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W2-E (früher DIN 18195-6) einzuplanen.

Alternativ zu einer Abdichtung gemäß DIN 18533-1:2017-07 / W2-E (früher DIN 18195-6) wird dann die Ausführung des Kellers unter Verwendung von wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) als sogenannte „weiße Wanne“ gemäß DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ / DIN EN 206 empfohlen, die bis 0,3 m oberhalb des HGW (siehe Sicherheitsabstand) auszuführen ist. Die Gründung ist dann, wie sicherlich auch geplant, in Form einer Plattengründung vorzunehmen.

Zusätzlich ist auch hier ein Schutz des Bauwerkes gegen zufließendes Oberflächenwasser gemäß DIN 18533-1:2017-07 (ggf. auch W4-E) (früher DIN 18195-1) vorzusehen.

Eine weitere Alternative bzgl. der Bauwerksabdichtung des Kellers ist dann die Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht aufstauendes / nicht drückendes Sickerwasser nach DIN 18533-1:2017-07 / W1-E (früher DIN 18195-4), die in Verbindung mit der Errichtung einer Dränanlage (Ringdrän etwa in Höhe der UK Bodenplatte) nach DIN 4095 und dem Anschluß an eine dauerhaft funktionierende Vorflut (z. B. einen anzulegenden Sickerschacht oder eine Regenwasserzisterne mit Überlauf / Hebeanlage mit Drosselklappe, ggf. R-Kanal) vorzunehmen ist. Diese Variante ist allerdings wartungsintensiv hier Reinigung Ringdrän.

Zusammenfassung:

Die Gemeinde Schöneiche plant über die *Voigt Ingenieure GmbH Luckau* eine Teilfläche an der Woltersdorfer Straße und Wittstockstraße in 15566 Schöneiche - gemäß den Festsetzungen des B-Plans Nr. 25/19 „Weiterführende Schule Wittstockstraße / Woltersdorfer Straße Gemeinde Schöneiche“, d. h. im B-Plan-Verfahren zur städtebaulichen Entwicklung - einer generellen Bauentwicklung ggf. mit entsprechender Infrastruktur - hier mit dem Ziel der Erschließung des Areal

1. mit einem 4-geschossigen Schulneubau mit Unterkellerung und einer Sporthalle ohne Keller (*Gebäudebebauung*) sowie mit Oberflächenversiegelungen (Schulhof, Parkplatz, etc.) und
2. mit angrenzenden Verkehrsflächen im Schulvorplatz sowie mit verkehrsberuhigten Bereichen (*Straßenneubau und Entwässerung*) sowie
3. mit Medien-Erschließungen (*diverser Leitungsbau*) sowie mit öffentlichen und privaten Grünflächen - zuzuführen.

Dabei soll der Bereich der vorhandenen und noch auszubauenden Woltersdorfer Straße mitgenutzt werden.

Im Bebauungsplan / BV Schöneiche B-Plan Nr. 25/19 sind die verschiedenen Erschließungsareale insgesamt Baufeldern zugeordnet.

Das unmittelbar südöstlich und südlich der Woltersdorfer Straße befindliche Untersuchungsgebiet wird im Norden und Westen von der Ulmer Straße und der Wittstockstraße, im Süden in Höhe der Potsdamer Straße und auch im Osten von der Leipziger Straße (Feldweg) begrenzt (siehe auch Anlage 1 und mit Fotodokumentation).

Das Untersuchungsobjekt - insbesondere der Bereich Schulneubau mit Sporthalle und auch die im Süden geplante und angrenzende Grünfläche (Wiese) - stellt zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung (Feldarbeiten Ende August 2024) eine derzeit unbebaute, bis vor kurzem landwirtschaftlich genutzte Freifläche dar, die am Rand mit einzelnen Bäumen / z. T. Baumgruppen / Sträuchern mit geringem bis mäßigem Bewuchs versehen ist (siehe auch Anlage 1 / Fotos).

Im Rahmen der Entwicklung der Infrastruktur und des geplanten Schulneubaus ist im vorgesehenen B-Plan-Verfahren sicherlich auch eine Medienanbindung (Sicherstellung der Trinkwasserversorgung und der Abwasserentsorgung also der Medienerschließung / Rohrleitungsverlegung und weiterer erforderlicher Medien) des Grundstücks - sicherlich an die im Norden / Osten angrenzende Woltersdorfer Straße oder an andere Straßen - vorgesehen.

Im Vorfeld der Planung ist die Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, d. h. wurde eine Baugrunduntersuchung mit Vorgaben durch den AG - 4 Bohrungen und 4 Rammsondierungen bis jeweils 10 m Tiefe (Schulneubau Bebauung / Straßenneubau und Erschließung / Medien-Erschließung) sowie Siebungen und Erstellung eines geotechnischen Gutachtens beauftragt.

Gemäß der höhenmäßigen Zuordnung / Vermessung der Bohrstellen durch den AN weist das Areal (gesamter Untersuchungsbereich) Höhenordinaten von etwa +50 m / +51 m im Norden / Nordwesten und nach Südost / Süd sowie von West nach Ost (+48 m / +49 m und wieder auf +49 m / +50 m NHN) auf. Das Gelände ist insgesamt eben und z. T. auch uneben mit leichten Senken und insgesamt auch deutlichen Höhenunterschieden (hier bis zu 1 - 3 m) im Bebauungsbereich zwischen den 4 Bohrungen (Differenz rund ca. 1,5 m).

Ein generelles natürliches Einfallen des Geländes in Richtung Vorfluter „Rüdersdorfer Mühlenfließ“ nach Osten und zum Berliner Spreetal nach Süden mit Höhenunterschieden auf der gesamten Fläche von bis zu 1 - 3 m ist gegeben.

Das Untersuchungsgebiet im Areal der 4 Sondierungen (BS / RS) ist naturbelassen und derzeit - Zeitpunkt der Erkundung (Ende August 2024) - un bebaut. Anzeichen einer Auffüllung fanden sich nicht. Von einer Altlastenverdachtsfläche ist hier augenscheinlich und nach den Bohrergebnissen (Bodenansprache) auch nicht auszugehen.

Im Untersuchungsgebiet, am äußersten südlichen Rand der Barnim-Hochfläche (Grundmoränenplatte) und weiträumig zwischen 2 Schmelzwasserabfluss-Rinnen gelegen „Rüdersdorfer Mühlenfließ im Osten und Neuenhagener Mühlenfließ im Westen“, sind aus geologischer Sicht und der Kartenunterlage maßgeblich pleistozäne Schmelzwassersande (Sandersande) / Hochflächensande über z. T. auch Ablagerungen der weichselglazialen Grundmoräne (Lehm / Mergel, evtl. auch als Schollen im Sand) über stark konsolidierten Vorschüttsanden des Weichselglazials verbreitet. Im eher mittleren bis südlichen Standort sind an der Oberfläche auch Dünen sande (lagerungsgestört / locker gelagert) typisch. Diese Bodenarten wurden durch die Bohrungen auch erkundet und nachgewiesen.

Die hydrogeologische Situation am Standort ist nach der hydrogeologischen Karte durch einen Grundwasserleiter (wasserführende Sande Schmelzwassersande / hier Vorschüttsande / = oberstes, unbedecktes Grundwasserstockwerk / Grundwasserleiter) gekennzeichnet.

Freies Grundwasser des obersten, unbedeckten Grundwasserleiters steht im Untersuchungsgebiet in einer Tiefe / Ordinate von ca. +37 m bzgl. NHN bzw. in einer Tiefe von 9,5 m unter Gelände an (1 x erkundet). Es wurde überwiegend bis 10,0 m Bohrendtiefe kein Grundwasser erkundet. Der Flurabstand des Grundwassers ist mit > 10 m zu erwarten. Dieses Grundwasser ist für die Baumaßnahme unbedeutend, da zu tief anstehend.

Aufgrund der auch bindigen Bodenverhältnisse / wasserstauer Geschiebelehm an 3 Bohrstandorten ist mit temporärem Stau- und Schichtenwasser zu rechnen, das für die Baumaßnahme beim Auftreten von Bedeutung sein kann. Der Höchstgrundwasserstand (HW) für das temporäre Stau- und Schichtenwasser wird am Standort in Höhe der Ordinaten von 2,5 m / 3,0 m unter Gelände bzw. nahe der Geländeoberkante eingeschätzt.

Die Baugrundverhältnisse sind am Standort für die vorgesehene Gesamt-Baumaßnahme und Bebauung mit und ohne Kellergeschoß relativ einheitlich, unkompliziert und einfach gestaltet. Im Baugrund des Gesamtareals wurden unter etwa 0,2 bis 0,5 m mächtigem Mutter-/ Oberboden / *Schicht 1* (4 x angetroffen) bis zur Endteufe von 10 m natürliche hauptsächlich Sande in Form von nichtbindigen Sanden der Bodengruppen SE / SU / *Schicht 3* erkundet. Unter dem Mutterboden folgen bzw. in den Sanden sind ggf. Schollen oder Sedimentreste der Grundmoräne / Geschiebelehm / *Schicht 2* eingelagert oder werden diese unterlagert. Es wurden nur natürliche Böden und keine Auffüllungen mit den 4 Bohrungen erkundet.

In der Bewertung des Baugrunds bzgl. der Tragfähigkeit ist festzustellen, dass die natürlichen Sande aufgrund der Ergebnisse der 4 Rammsondierungen (hier überwiegend mitteldichte und dichte, teils sehr dichte Lagerung) fast ausnahmslos eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen und damit maßgeblich den für die Baumaßnahme (Bebauung mit Keller Bodenplatte und auch ohne Keller und Verkehrswegebau sowie Rohrleitungsbau) geeigneten Baugrund darstellen.

In der Bohrung BS 3 wurde oberflächennah eine Schwächezone zwischen 0,7 und 1,7 m eine lockere Lagerung der Sande durch die Rammsondierung RS 3 nachgewiesen. Hier ist eine Baugrundverbesserung durch eine Nachverdichtung erforderlich oder eine Durchgründung möglich.

Der eher sporadisch oberflächennah und untergeordnet verbreitete Geschiebelehm weist in überwiegend steifplastischer und halbfester Konsistenz ebenfalls eine ausreichende Tragfähigkeit auf und ist so für Bebauungen geeignet. Für den vorgesehenen Schulneubau mit Sporthalle, den Straßenbau und den Rohrleitungsbau an den festgelegten Standorten ist der Geschiebelehm von Bedeutung bzw. kann von Bedeutung sein.

Dagegen ist der Mutterboden / Oberboden als eher wenig tragfähig zu bewerten und für Gründungen und Bebauungen nicht geeignet. Er ist im Rahmen von Gründungen unterhalb von Gründungs-, Planums- und Rohrleitungszonen baugrundmäßig zu verbessern, d. h. vollständig auszutauschen und zu ersetzen (Bodenaustausch) oder zu durchgründen.

Im Rahmen der Baumaßnahme sind die Ausführungen unter „*Weitere Hinweise für die Bauausführung*“ zu beachten.

Demnach sind z. B. *unter normalen Bedingungen = Gründung von Bauwerken / Bauteilen oberhalb von Grundwasserständen und oberhalb des geschätzten HGW (bei Wohnhaus mit Keller HGW + Sicherheitsabstand)* zunächst und nach den festgestellten Baugrundverhältnissen keine Wasserhaltungsmaßnahmen (ggf. offene Wasserhaltung bei Stau- / Schichtenwasser oberhalb des Lehms) erforderlich und einfache normale Abdichtungen des Bauwerkes / Schulneubau mit Keller (ohne „Weiße / Schwarze Wanne“) und der Sporthalle Bauwerk ohne Keller (Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht aufstauendes Sickerwasser / nicht drückendes Wasser) ausreichend und eine unkomplizierte Versickerung von Regen- / Oberflächenwasser in den trockenen, durchlässigen bis stark durchlässigen, versickerungsfähigen Sanden oberhalb des temporären Grundwasserspiegels + HGW und der Lehmlage sehr gut möglich (unter Beachtung des bindigen Lehms).

5. Schlussbemerkungen

Die im Rahmen dieses Gutachtens durchgeführten Untersuchungen geben lediglich einen stichpunktartigen Einblick in die örtlichen Baugrundverhältnisse. Sollten sich Planungsänderungen ergeben oder während der Bauausführung wesentliche Abweichungen von den hier beschriebenen Verhältnissen festgestellt werden, sind wir zur Festlegung weiterer Maßnahmen zu konsultieren.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass die Kontrolle der Beschaffenheit der Gründungssohlen von Baugruben / Gründungszonen (Planum) als auch die Überprüfung der Verdichtung von Austauschzonen (z. B. Bodenaustausch) und von Nachverdichtungszone und der Nachweis der Verdichtung der Verfüllung / Verfüllzone und der Hinterfüllung / Hinterfüllzone und von Flächenbefestigungen sowie von Verkehrsflächen / Wegen (Planum und Schottertragschicht / Frostschutzschicht, etc.) hier zur Absicherung einer qualitätsgerechten Bauausführung als baubegleitende Prüfungen (Prüfverfahren nach ZTV A-StB 12) / Erbaukontrollprüfungen / Verdichtungskontrollen einzuordnen sind.

Diese Erbaukontrollprüfungen / Verdichtungskontrollen z. B. mittels dynamischem Plattendruckversuch („Leichte Fallplatte“) sowie statischem Plattendruckversuch (hier im Bereich von Flächenbefestigungen sowie Verkehrsflächen / Wegen, u. ä.), ggf. leichte Rammsondierungen (RS) oder direkte Dichtebestimmung (D) mittels Ausstechzylinder (Proctorversuch) und ggf. auch Asphaltuntersuchungen können direkt vom Auftragnehmer zeitnah und nach entsprechender Beauftragung (z. B. durch den Bauherren oder Planer) ausgeführt werden.

Zur Klärung noch offener Fragen sowie für ergänzende Erläuterungen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

Anlage 1

Übersichtslagepläne vom Untersuchungsgebiet

und

Lagepläne der Sondierstellen / Aufschlüsse (BS / RS)

sowie

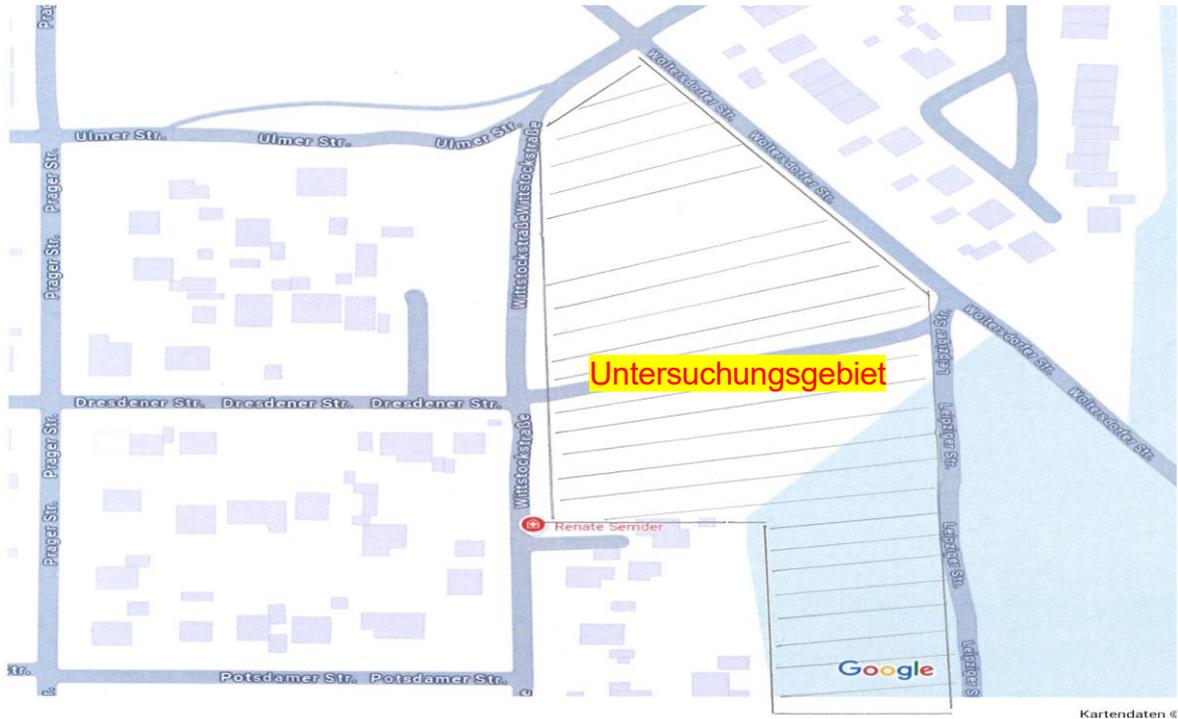
Fotodokumentation - Bilder vom Standort mit 4 Sondierstellen -

6 Seiten (incl. Deckblatt)

ÜBERSICHTS-LAGEPLÄNE VOM UNTERSUCHUNGSGEBIET - (Anlage 1.1)

BV: 15566 Schöneiche, Woltersdorfer Straße, Schulneubau

B-Plan (Bebauung / Erschließung / Entwässerung auch Planstraßen)



Kartendaten ©



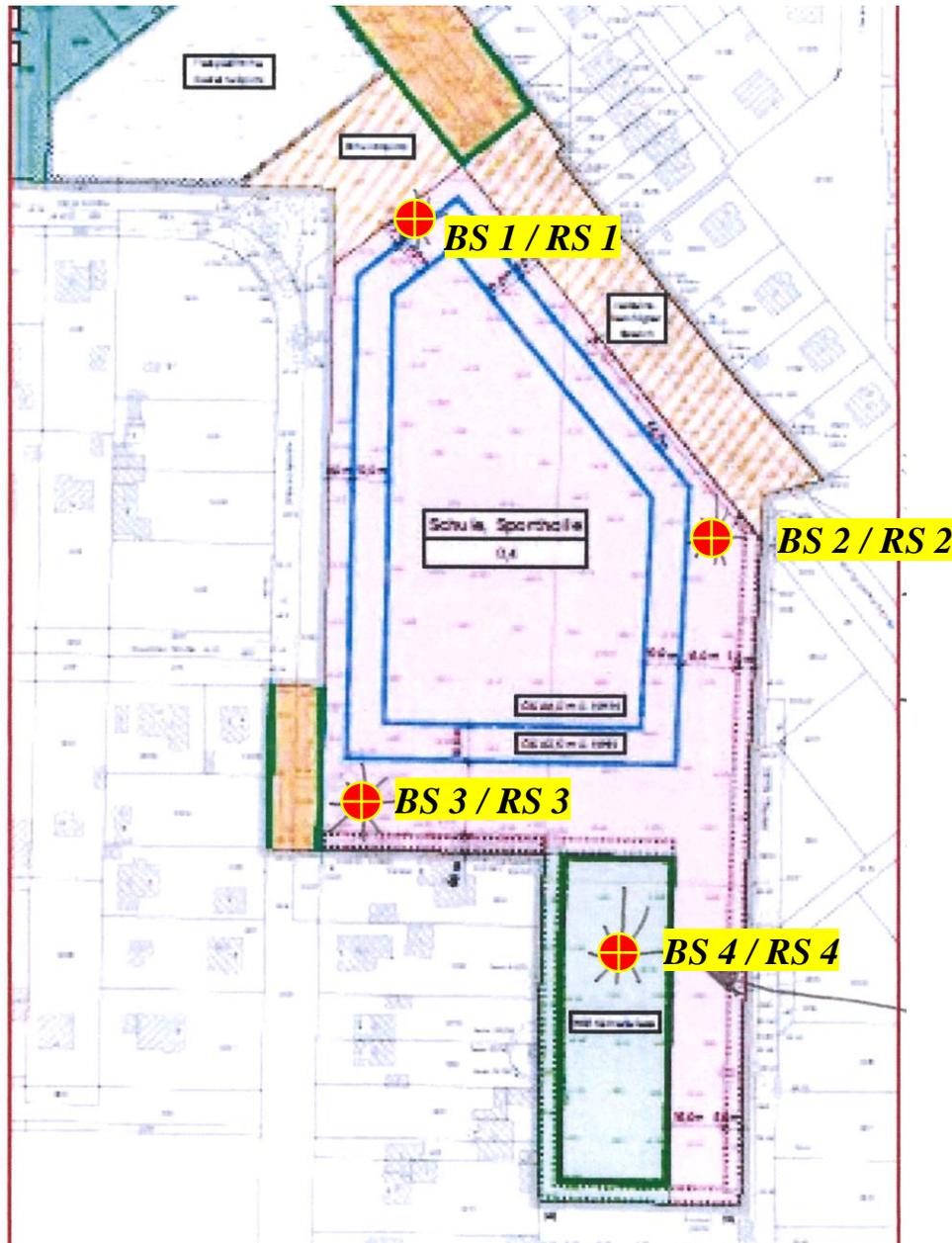
Bilder © 2024 Airbus, GeoBasis-DE/BKG, Maxar Technologies, Kartendaten © 2021

- Herausgeber: Google Maps -

LAGEPLAN DER SONDIERSTELLEN / AUFSCHLÜSSE - BS 1 – BS 4 - (Anlage 1.3)

Grundlage: Lageplan / Bebauungsplan 25/19 im Maßstab 1 : 1.000

BV: 15566 Schöneiche, Woltersdorfer Straße, Schulneubau
B-Plan (Bebauung / Erschließung / Entwässerung auch Planstraßen)



Planherausgeber / Quelle: mayerwittig Architektur + Stadtplanung GbR in Cottbus

Legende:

-  Sondierbohrung / Kleinrammbohrung (BS)
und schwere Rammsondierung (RS) / DPH-15

Fotodokumentation Sondierungen und Grundstück

BV: Schöneiche, Woltersdorfer Straße, B-Plan Schulneubau

4 Bilder vom Standort mit den 4 Sondierungen / Sondieransatzstellen (BS / RS)

sowie

3 Bilder vom Standort / Grundstück

Fotodokumentation Sondieransatzstellen (BS / RS)



Bild 1: Sondierstelle 1 (BS 1 / RS 1)



Bild 2: Sondierstelle 2 (BS 2 / RS 2)



Bild 3: Sondierstelle 3 (BS 3 / RS 3)



Bild 4: Sondierstelle 4 (BS 4 / RS 4)

Fotodokumentation / Situation vom Grundstück (3 Bilder)



Bild 5: Baugrundstück Schöneiche



Bild 6: Baugrundstück Schöneiche



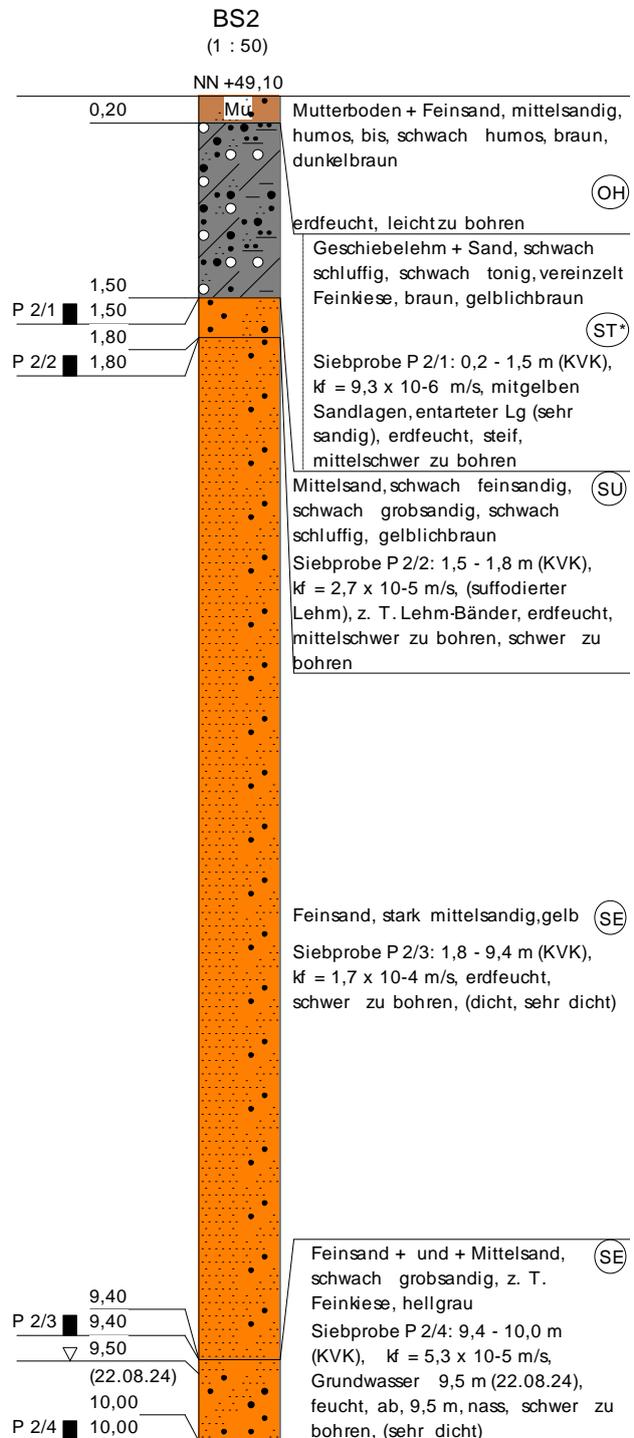
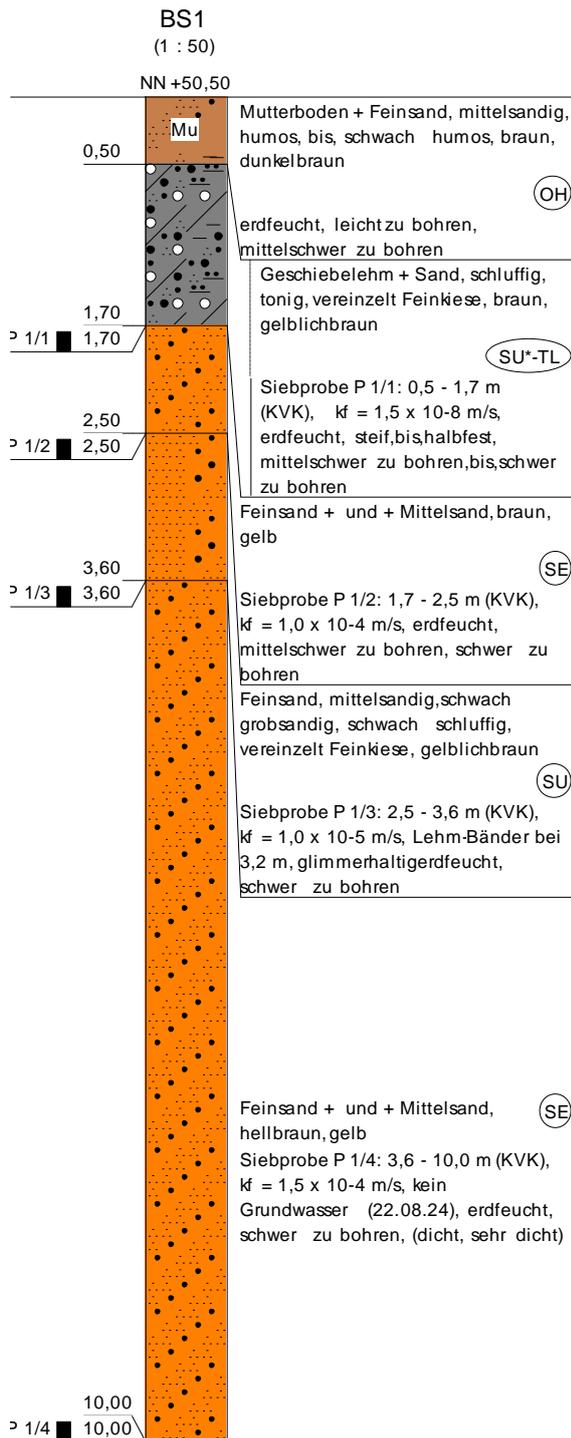
Bild 7: Baugrundstück Schöneiche

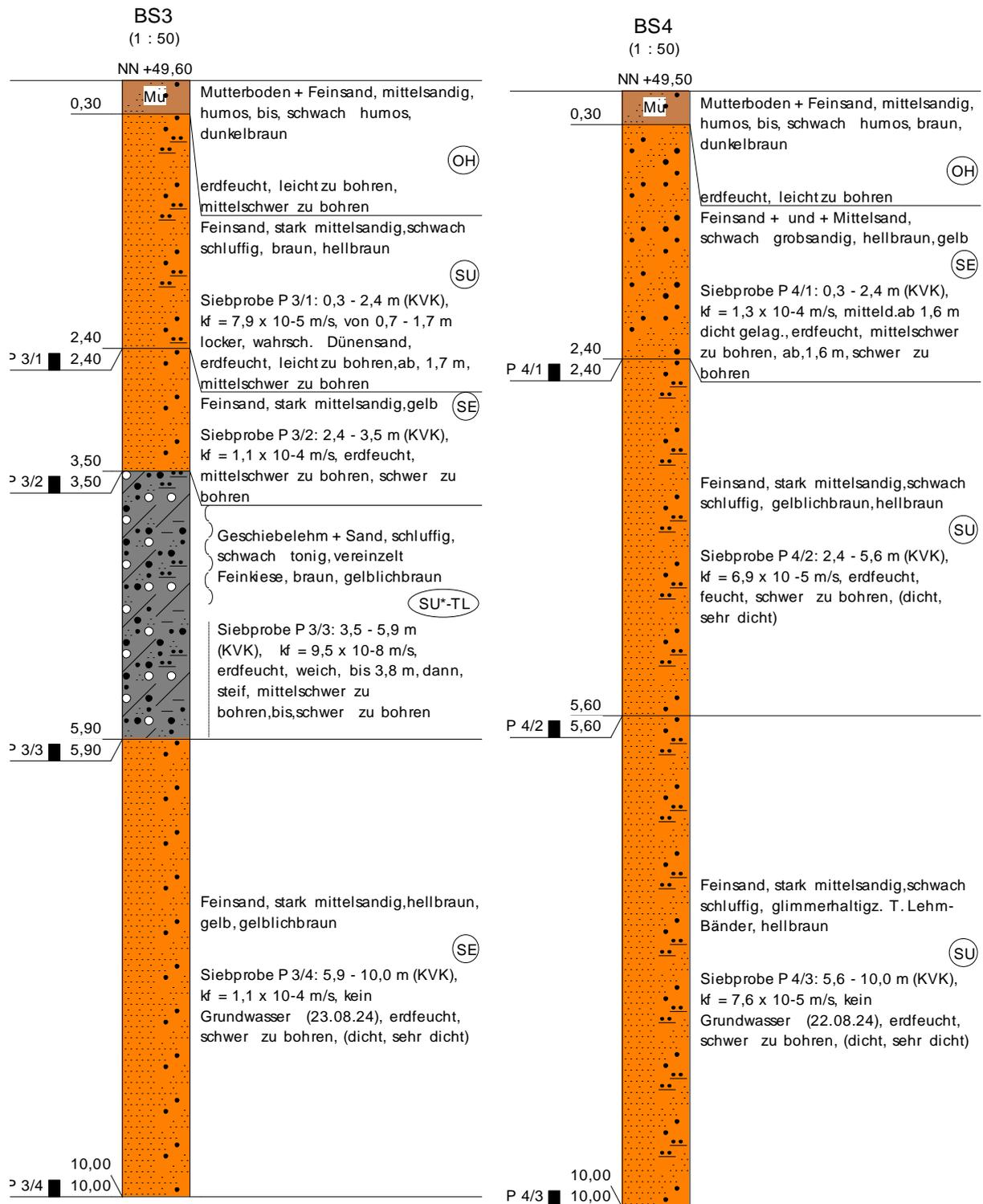
Anlage 2

Bohrprofile und Legende

4 Bohrungen (BS 1 bis BS 4)

4 Seiten (incl. Deckblatt und Legende)





Legende der benutzten Kurzzeichen

Boden-Gruppen

TL = leicht plastische Tone OH = Boden mit organischen Beimengungen - = bis SU* = Sand-Schluff-Gemisch >15% SU = Sand-Schluff-Gemisch >5% SE = enggestufte Sande ST* = Sand-Ton-Gemisch >15%

Legende der benutzten Schraffuren

	Schluff		Grobsand		Mittelsand		Torf, Humus
	Mutterboden		Sand		Geschiebelehm		Schluff
	Feinsand		Mittelsand		Ton		Feinsand

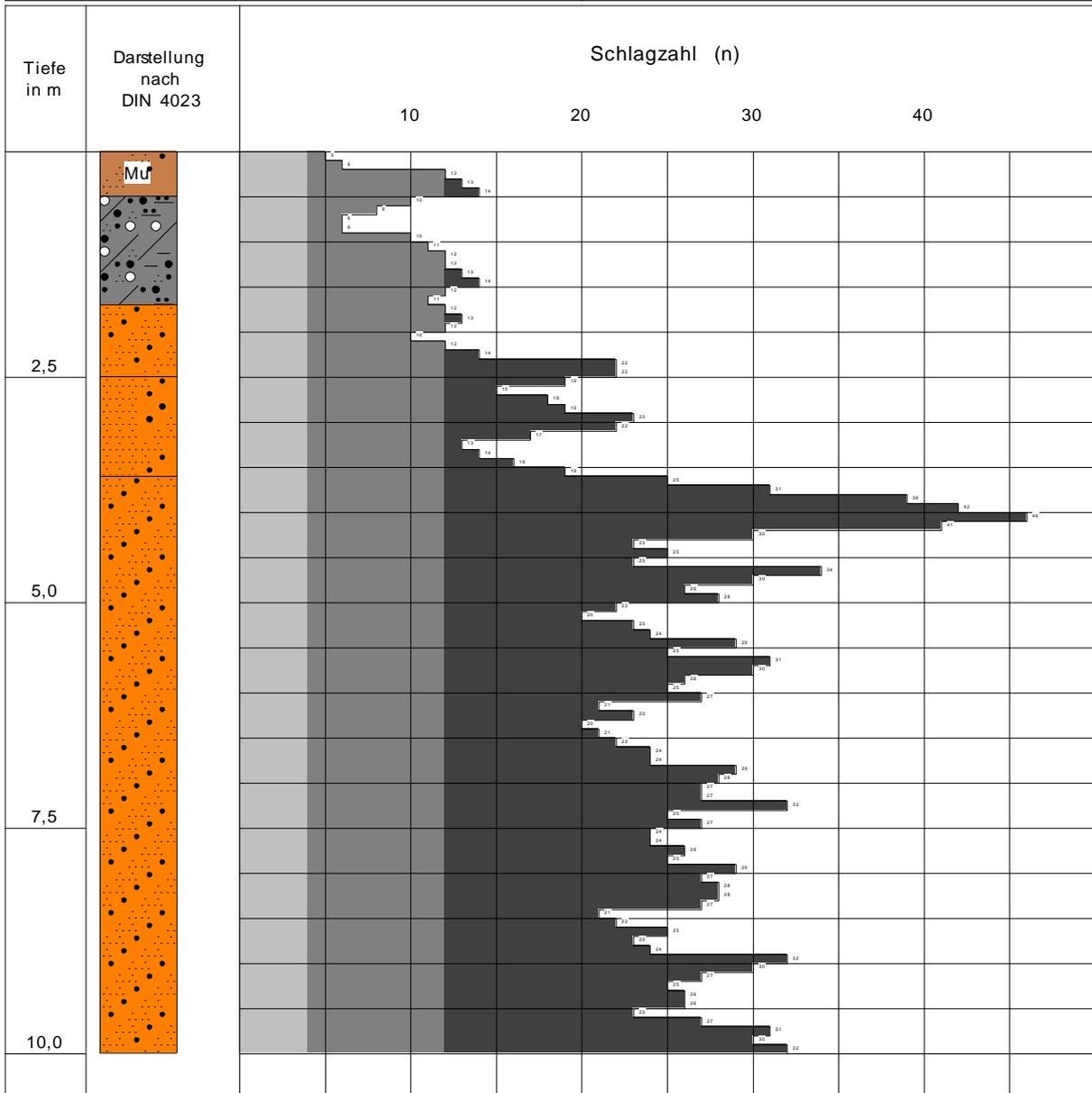
Anlage 3

Rammdiagramme DPL-15 (Schwere Rammsonde)

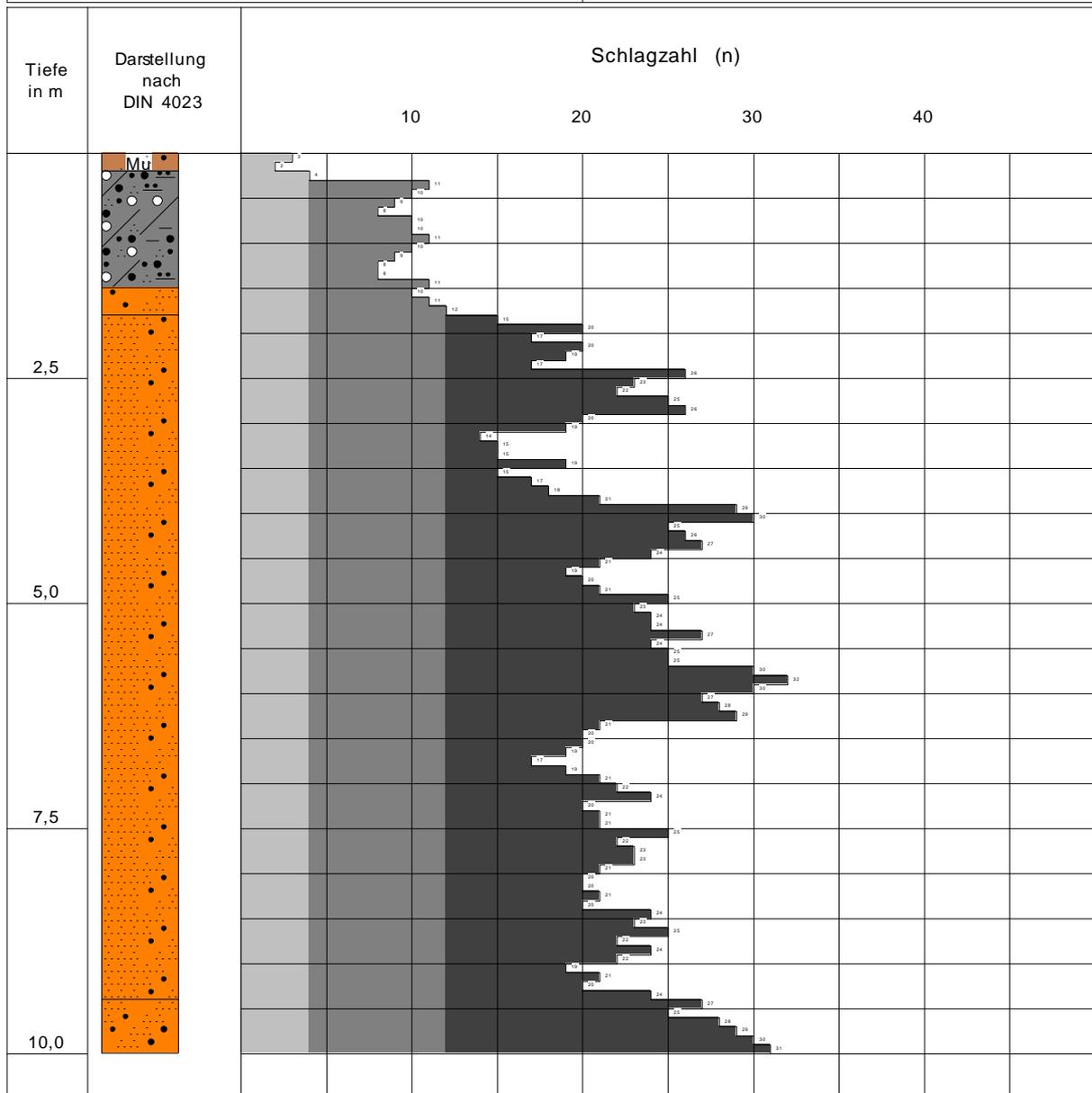
4 Rammsondierungen (RS 1 bis RS 4 bei BS 1 bis BS 4)

6 Seiten (incl. Deckblatt und Statistik: Übersicht Schlagzahlen N_{10})

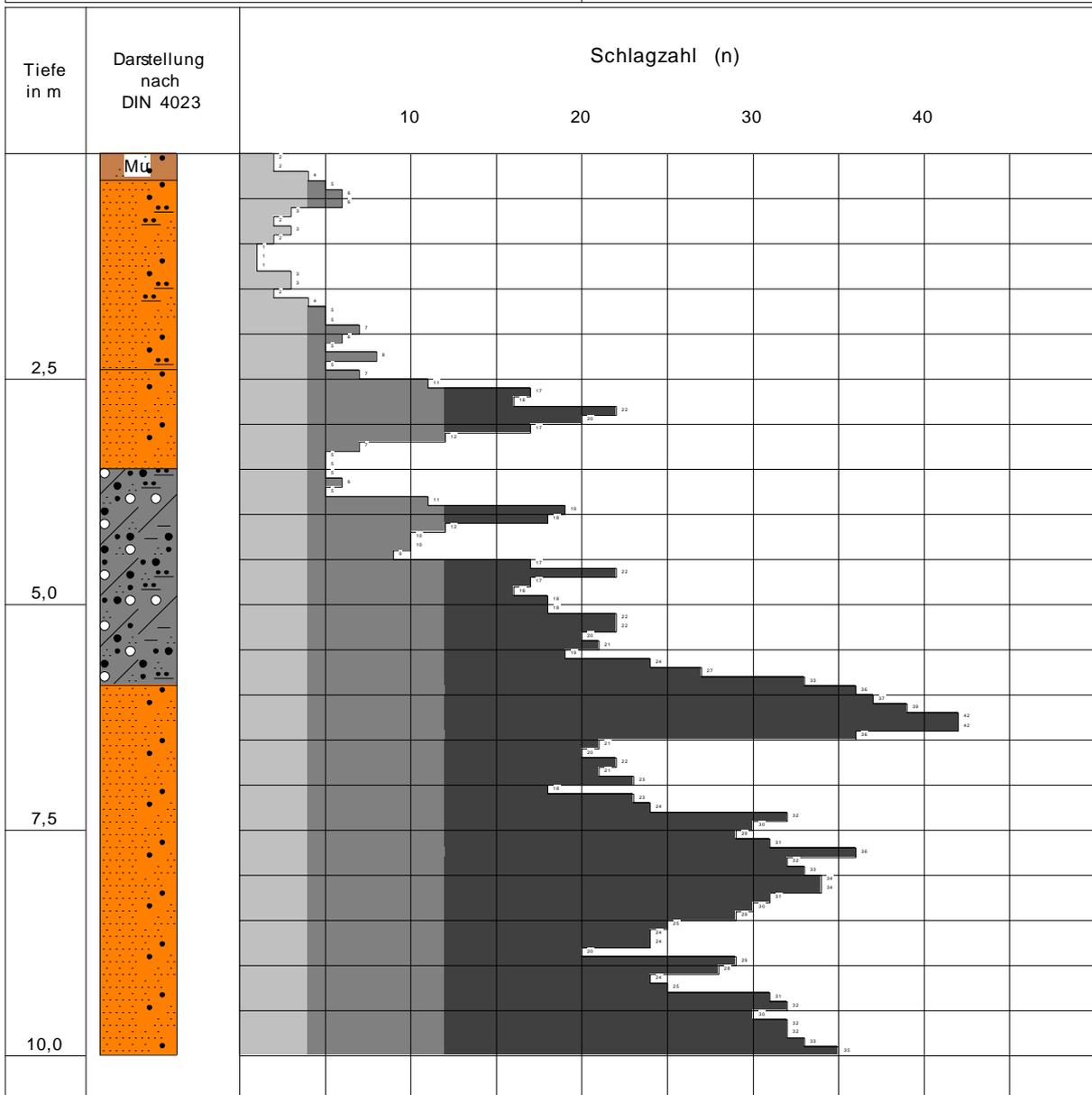
SONDIERDIAGRAMM			
Prüfnummer:	248068 RS_1-09.2024	Meßstelle:	RS 1
Ausführender Unternehmer:	Voigt Ingenieure GmbH Luckau	Lage:	bei BS 1
Baustelle:	Woltersdorfer Straße_Schöneiche_Schulneubau	Höhe zu NN	50,50 m
Prüfer:	Jurisch	Bodenart:	siehe Bohrprofil
Prüfdatum:	26.08.2024	Sondenart:	DPH 15
Bemerkung:	kein Grundwasser (26.08.24)	Spitzenfläche:	15 cm ²
		Spitzenwinkel:	90°



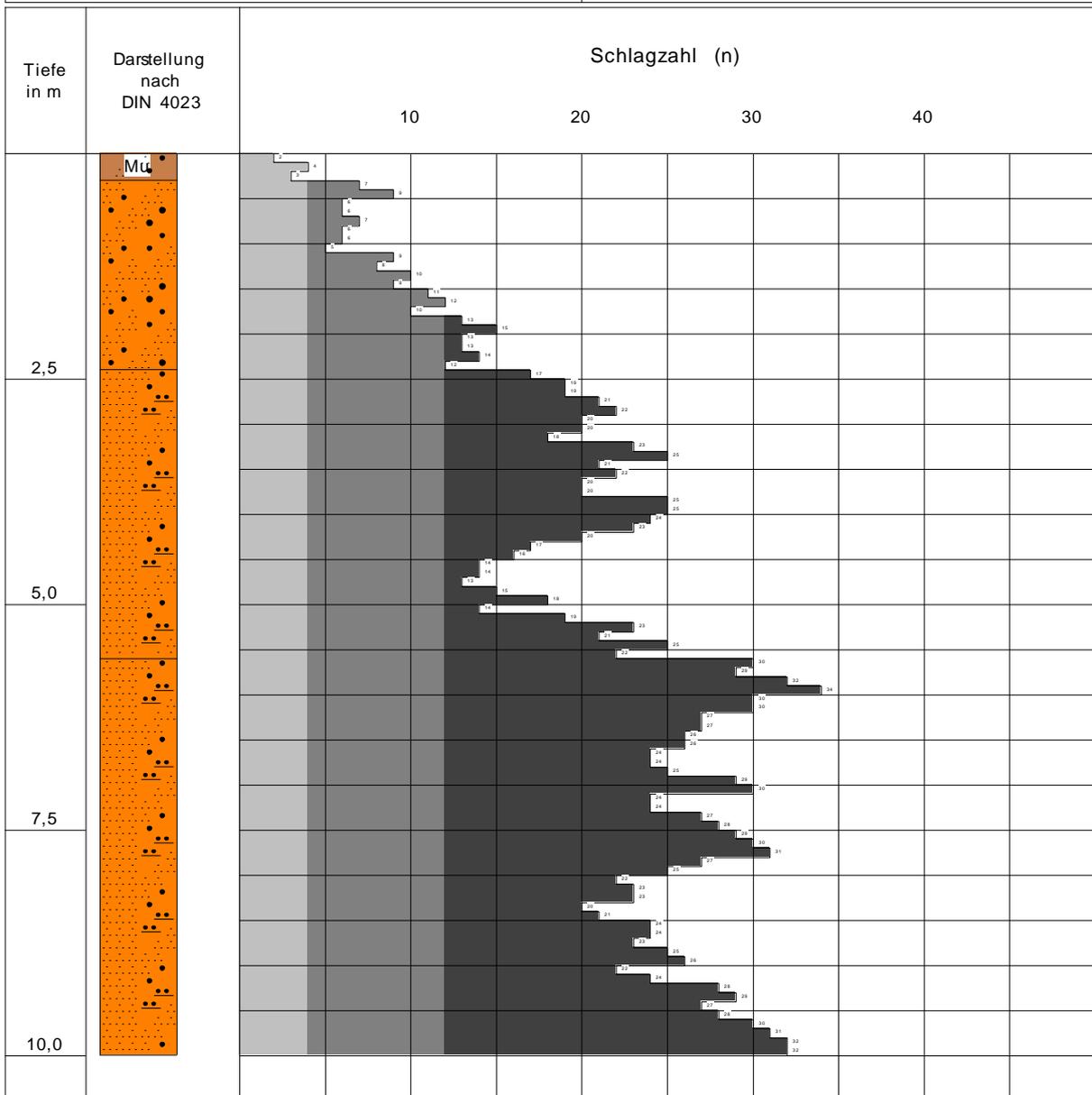
SONDIERDIAGRAMM			
Prüfnummer:	248068 RS_1-09.2024	Meßstelle:	RS 2
Ausführender Unternehmer:	Voigt Ingenieure GmbH Luckau	Lage:	bei BS 2
Baustelle:	Woltersdorfer Straße_Schöneiche_Schulneubau	Höhe zu NN	49,10 m
Prüfer:	Jurisch	Bodenart:	siehe Bohrprofil
Prüfdatum:	26.08.2024	Sondenart:	DPH 15
Bemerkung:	Grundwasser bei 9,5 m (26.08.24)	Spitzenfläche:	15 cm ²
		Spitzenwinkel:	90°



SONDIERDIAGRAMM			
Prüfnummer:	248068 RS_1-09.2024	Meßstelle:	RS 3
Ausführender Unternehmer:	Voigt Ingenieure GmbH Luckau	Lage:	bei BS 3
Baustelle:	Woltersdorfer Straße_Schöneiche_Schulneubau	Höhe zu NN	49,60 m
Prüfer:	Jurisch	Bodenart:	siehe Bohrprofil
Prüfdatum:	26.08.2024	Sondenart:	DPH 15
Bemerkung:	kein Grundwasser (26.08.24)	Spitzenfläche:	15 cm ²
		Spitzenwinkel:	90°



SONDIERDIAGRAMM			
Prüfnummer:	248068 RS_1-09.2024	Meßstelle:	RS 4
Ausführender Unternehmer:	Voigt Ingenieure GmbH Luckau	Lage:	bei BS 4
Baustelle:	Woltersdorfer Straße_Schöneiche_Schulneubau	Höhe zu NN	49,50 m
Prüfer:	Jurisch	Bodenart:	siehe Bohrprofil
Prüfdatum:	27.08.2024	Sondenart:	DPH 15
Bemerkung:	kein Grundwasser (27.08.24)	Spitzenfläche:	15 cm ²
		Spitzenwinkel:	90°



Übersicht Schlagzahlen N₁₀

RAMMSONDIERUNG nach DIN 4094												
Auftraggeber der Baumaßnahme: Baustelle: Woltersdorfer Straße_Schöneiche_Schulneubau Ausführender Unternehmer: Voigt Ingenieure GmbH Luckau							Prüfnummer: 248068 RS_1-09.2024 Bemerkungen:					
Meßstelle	Anzahl der Schläge je Sondeneindringtiefe											
	RS 1			RS 2			RS 3			RS 4		
Datum	26.08.2024			26.08.2024			26.08.2024			27.08.2024		
Eindringtiefe	0-4m	4-8m	8-12m	0-4m	4-8m	8-12m	0-4m	4-8m	8-12m	0-4m	4-8m	8-12m
0,1	5	46	27	3	30	20	2	18	34	2	24	22
0,2	6	41	28	2	25	20	2	12	34	4	23	23
0,3	12	30	28	4	26	21	4	10	31	3	20	23
0,4	13	23	27	11	27	20	5	10	30	7	17	20
0,5	14	25	21	10	24	24	6	9	29	9	16	21
0,6	10	23	22	9	21	23	6	17	25	6	14	24
0,7	8	34	25	8	19	25	3	22	24	6	14	24
0,8	6	30	23	10	20	22	2	17	24	7	13	23
0,9	6	26	24	10	21	24	3	16	20	6	15	25
1,0	10	28	32	11	25	22	2	18	29	6	18	26
1,1	11	22	30	10	23	19	1	18	28	5	14	22
1,2	12	20	27	9	24	21	1	22	24	9	19	24
1,3	12	23	25	8	24	20	1	22	25	8	23	28
1,4	13	24	26	8	27	24	3	20	31	10	21	29
1,5	14	29	26	11	24	27	3	21	32	9	25	27
1,6	12	25	23	10	25	25	2	19	30	11	22	28
1,7	11	31	27	11	25	28	4	24	32	12	30	30
1,8	12	30	31	12	30	29	5	27	32	10	29	31
1,9	13	26	30	15	32	30	5	33	33	13	32	32
2,0	12	25	32	20	30	31	7	36	35	15	34	32
2,1	10	27		17	27		6	37		13	30	
2,2	12	21		20	28		5	39		13	30	
2,3	14	23		19	29		8	42		14	27	
2,4	22	20		17	21		5	42		12	27	
2,5	22	21		26	20		7	36		17	26	
2,6	19	22		23	20		11	21		19	26	
2,7	15	24		22	19		17	20		19	24	
2,8	18	24		25	17		16	22		21	24	
2,9	19	29		26	19		22	21		22	25	
3,0	23	28		20	21		20	23		20	29	
3,1	22	27		19	22		17	18		20	30	
3,2	17	27		14	24		12	23		18	24	
3,3	13	32		15	20		7	24		23	24	
3,4	14	25		15	21		5	32		25	27	
3,5	16	27		19	21		5	30		21	28	
3,6	19	24		15	25		5	29		22	29	
3,7	25	24		17	22		6	31		20	30	
3,8	31	26		18	23		5	36		20	31	
3,9	39	25		21	23		11	32		25	27	
4,0	42	29		29	21		19	33		25	25	

Anlage 4

Korngrößenverteilungen (KGV) / Siebungen (Korngrößenverteilungskurven / KVK) mit Übersicht der Ergebnisse

12 Naßsiebungen (nichtbindiger Boden: enggestufter, nichtbindiger Sand / SE und nichtbindiger, schwach schluffiger Sand / SU)

sowie

3 kombinierte Sieb- / Schlämmanalysen (bindiger Boden / Geschiebelehm)

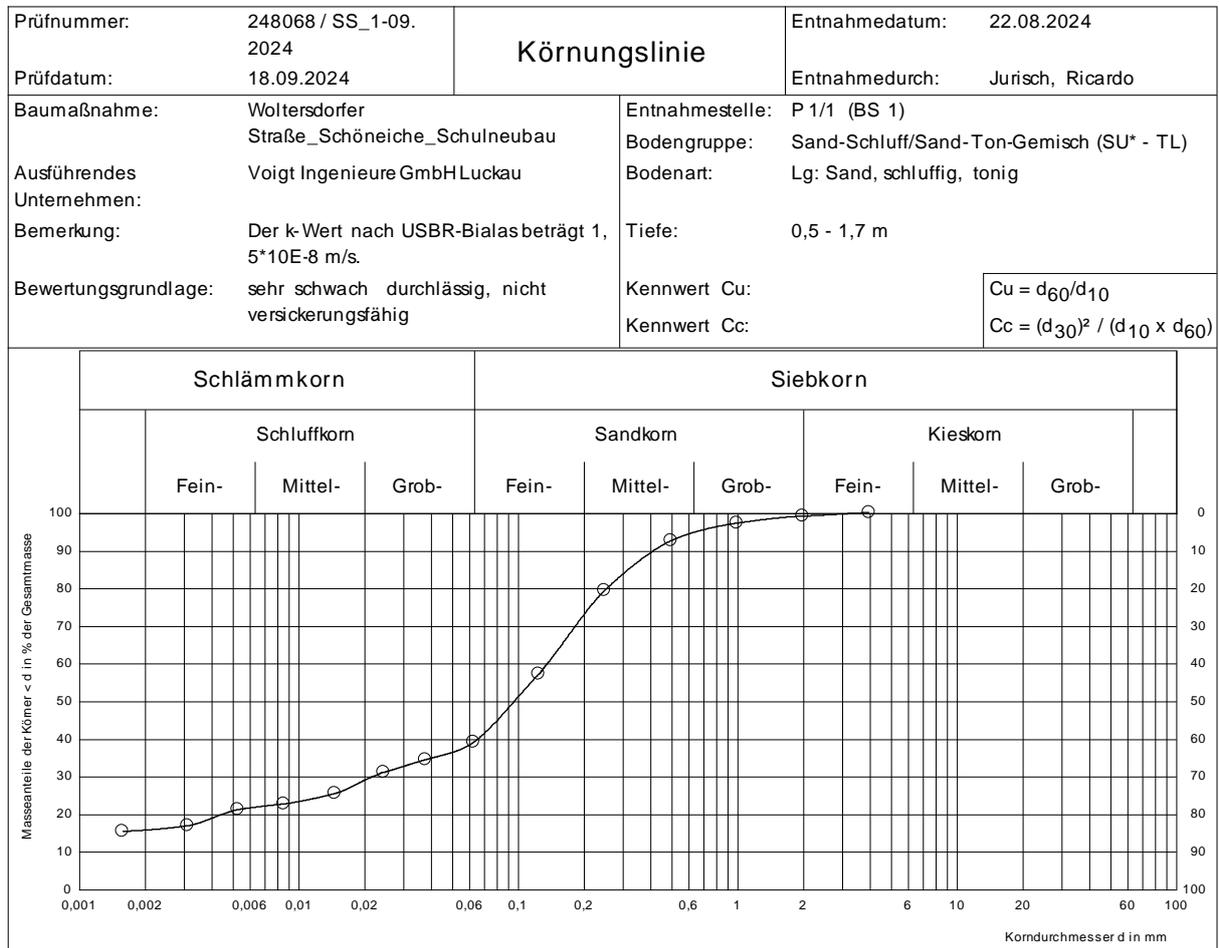
17 Seiten (incl. 1 Deckblatt und 1 Blatt Übersicht der Ergebnisse)

Übersicht der Ergebnisse:

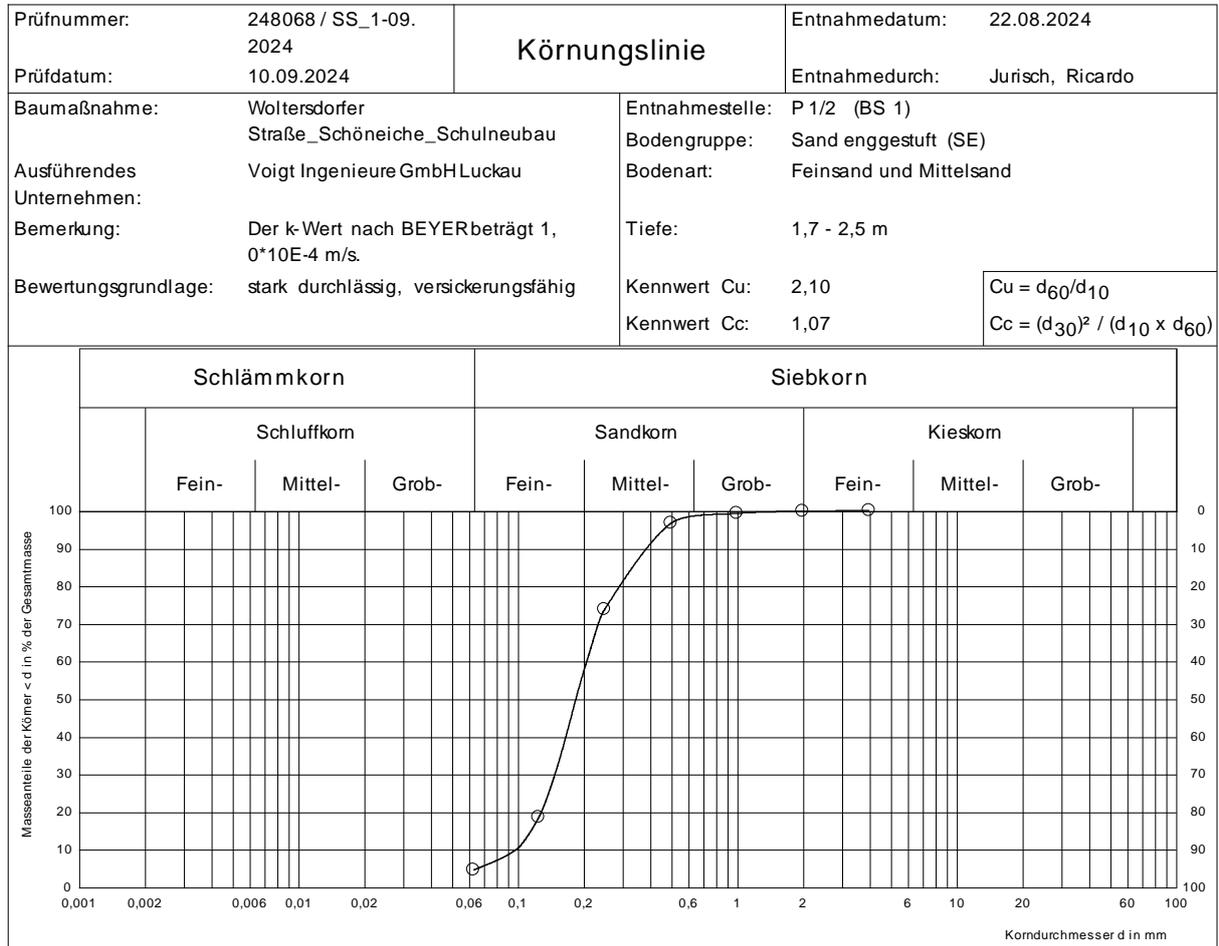
Korngrößenverteilungen (KGV) / Siebungen (Korngrößenverteilungskurven / KVK / Körnungslinien)

Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892- 4	
Prüfnummer:	248068 SS_1-09.2024
Auftraggeber Baumaßnahme:	
Ausführendes Unternehmen:	Voigt Ingenieure GmbH Luckau
Baustelle:	Woltersdorfer Straße_Schöneiche_Schulneubau
Entnahmestelle:	1: P 1/1 2: P 1/2 3: P 1/3 4: P 1/4 5: P 2/1 6: P 2/2 7: P 2/3 8: P 2/4 9: P 3/1 10: P 3/2 11: P 3/3 12: P 3/4 13: P 4/1 14: P 4/2 15: P 4/3
Entnahmedatum:	22.08.24 (1...8), 23.08.24 (9...12), 22.08.24 (13...15)
Entnahmedurch:	Jurisch (1...15)
Bemerkung:	Der k-Wert nach USBR-Bialas beträgt $1,5 \cdot 10^{-8}$ m/s. (1), Der k-Wert nach BEYER beträgt $1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s. (2), Der k-Wert nach USBR-Bialas beträgt $1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s (geschätzt). (3), Der k-Wert nach BEYER beträgt $1,5 \cdot 10^{-4}$ m/s. (4), Der k-Wert nach USBR-Bialas beträgt $9,3 \cdot 10^{-6}$ m/s (geschätzt). (5), Der k-Wert nach USBR-Bialas beträgt $2,7 \cdot 10^{-5}$ m/s (geschätzt). (6), Der k-Wert nach BEYER beträgt $1,7 \cdot 10^{-4}$ m/s. (7), Der k-Wert nach BEYER beträgt $5,3 \cdot 10^{-5}$ m/s. (8), Der k-Wert nach BEYER beträgt $7,9 \cdot 10^{-5}$ m/s. (9), Der k-Wert nach BEYER beträgt $1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s. (10), Der k-Wert nach USBR-Bialas beträgt $9,5 \cdot 10^{-8}$ m/s. (11), Der k-Wert nach BEYER beträgt $1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s. (12), Der k-Wert nach BEYER beträgt $1,3 \cdot 10^{-4}$ m/s. (13), Der k-Wert nach BEYER beträgt $6,9 \cdot 10^{-5}$ m/s. (14), Der k-Wert nach BEYER beträgt $7,6 \cdot 10^{-5}$ m/s. (15)

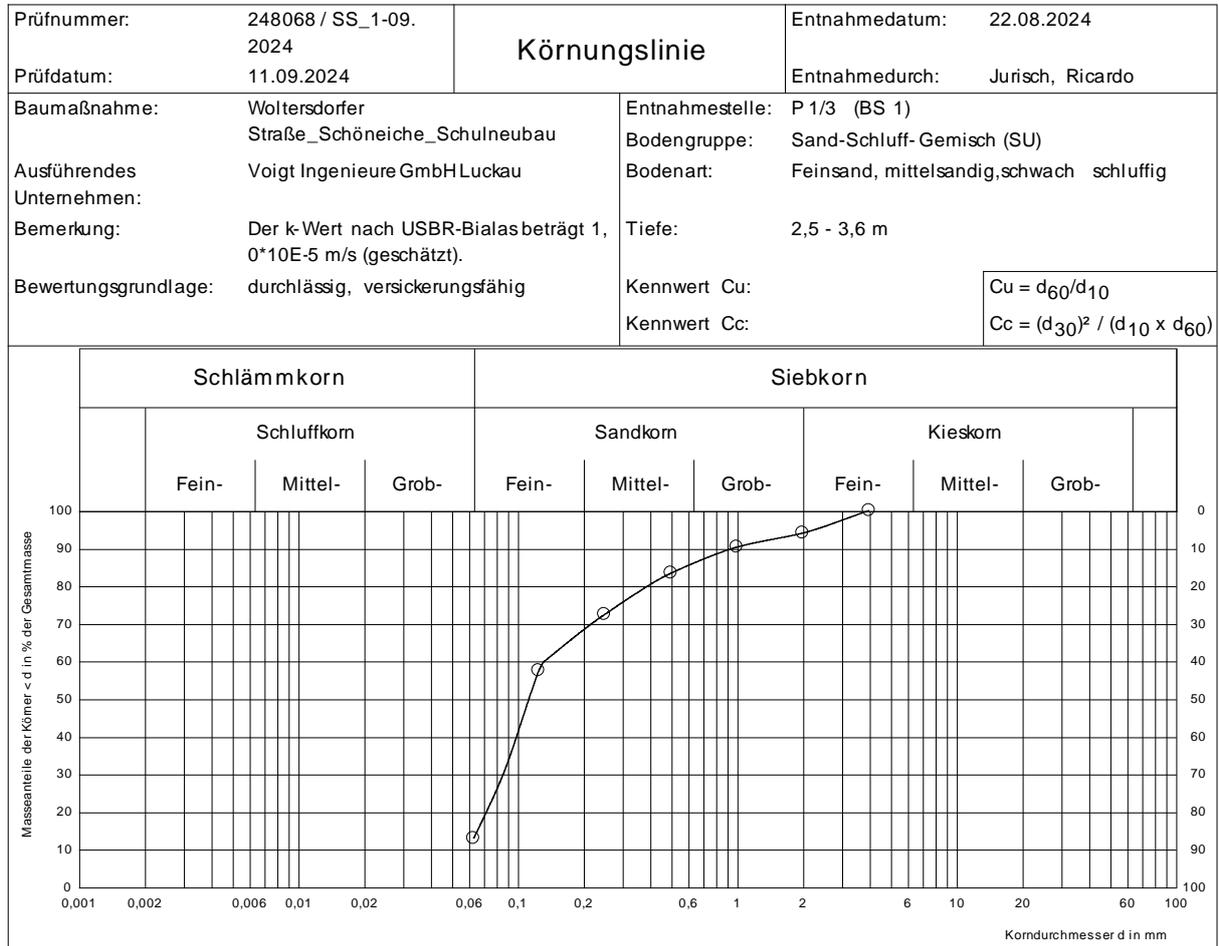
PROBE 1/1 aus Bohrung BS 1



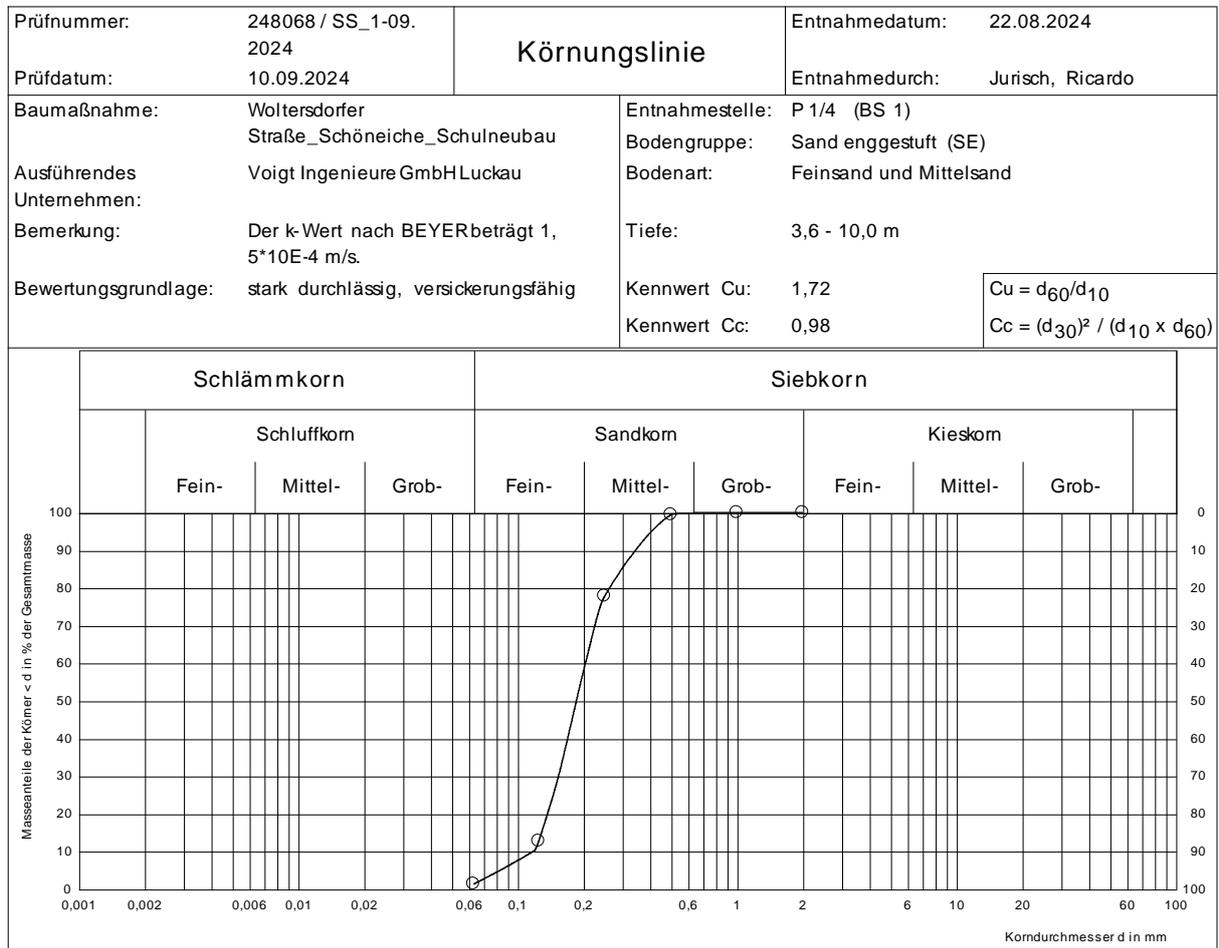
PROBE 1/2 aus Bohrung BS 1



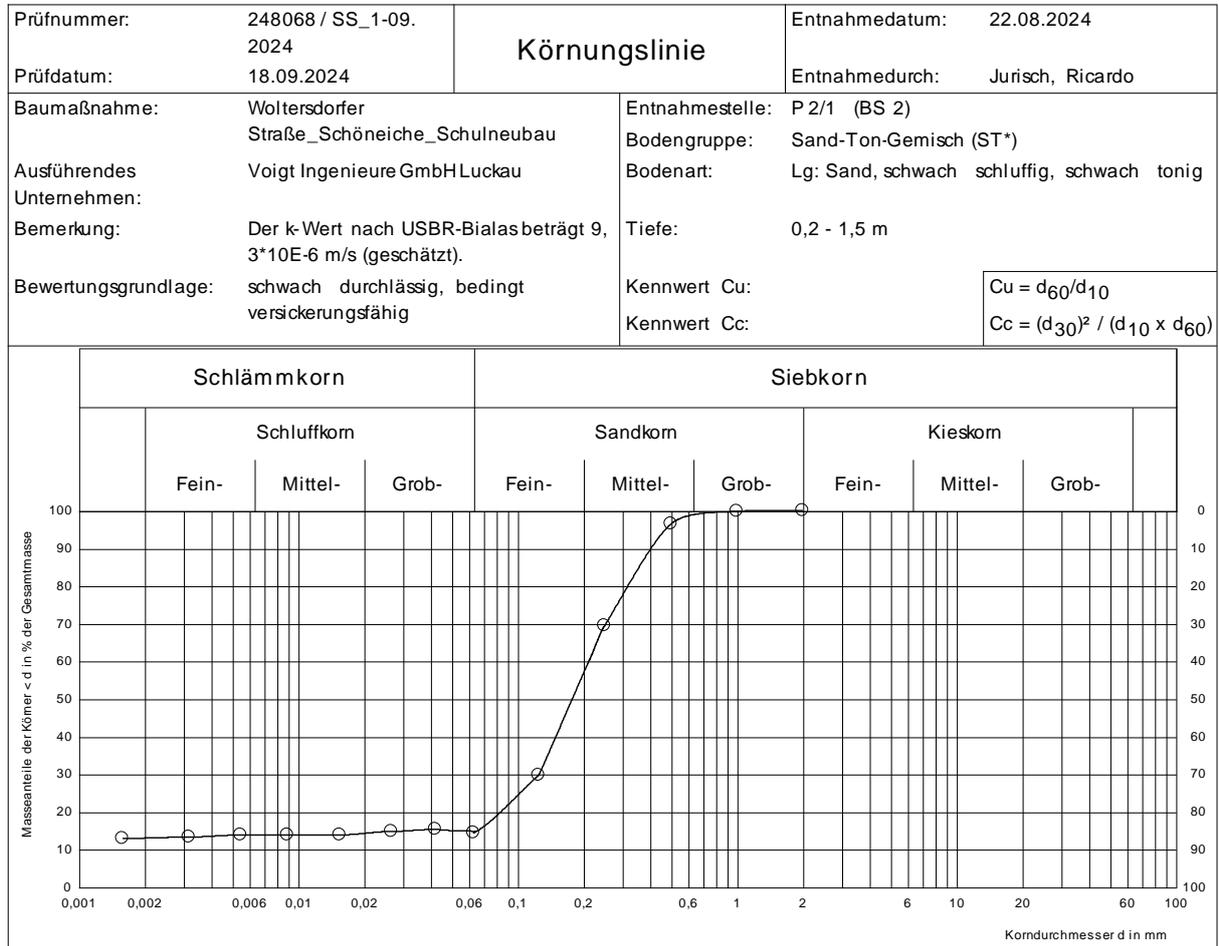
PROBE 1/3 aus Bohrung BS 1



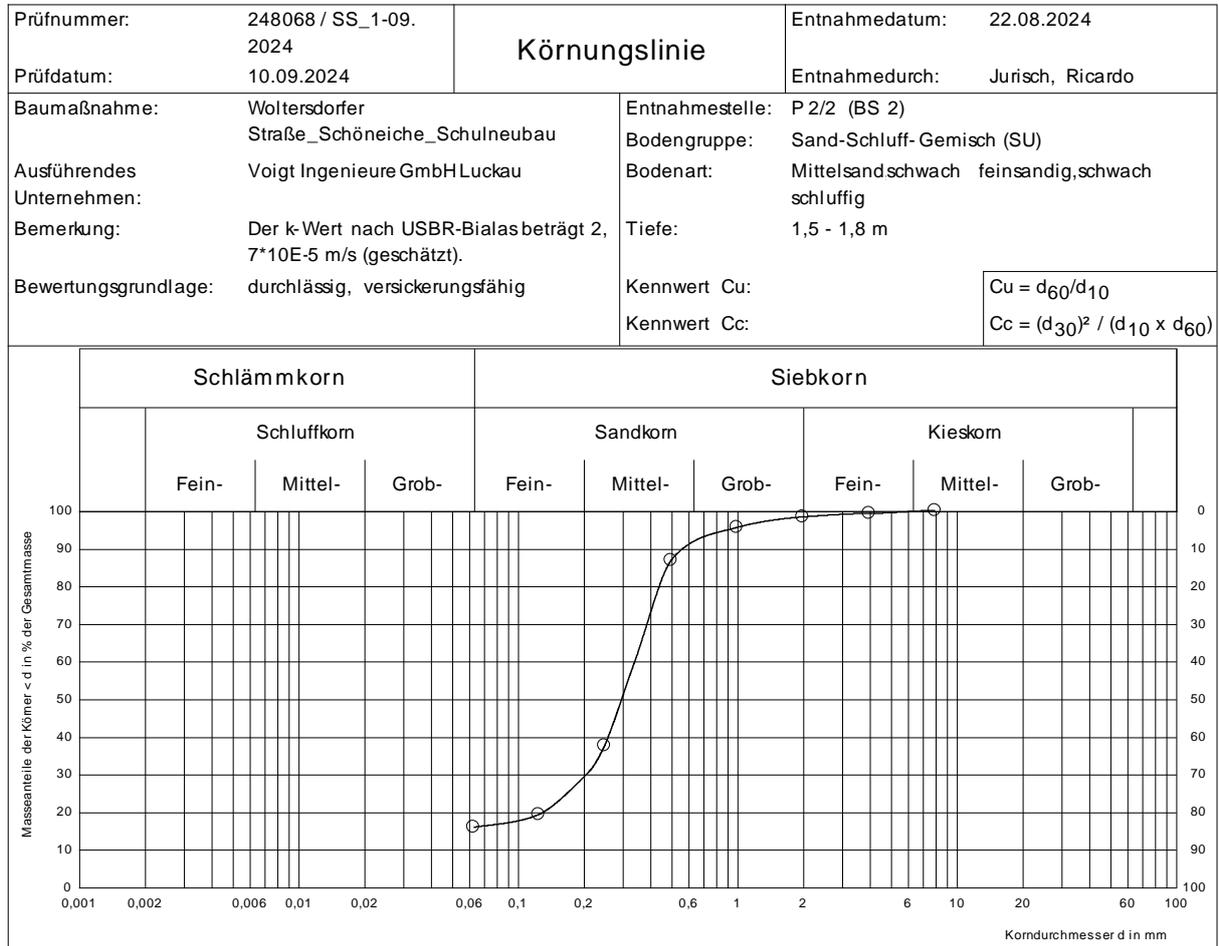
PROBE 1/4 aus Bohrung BS 1



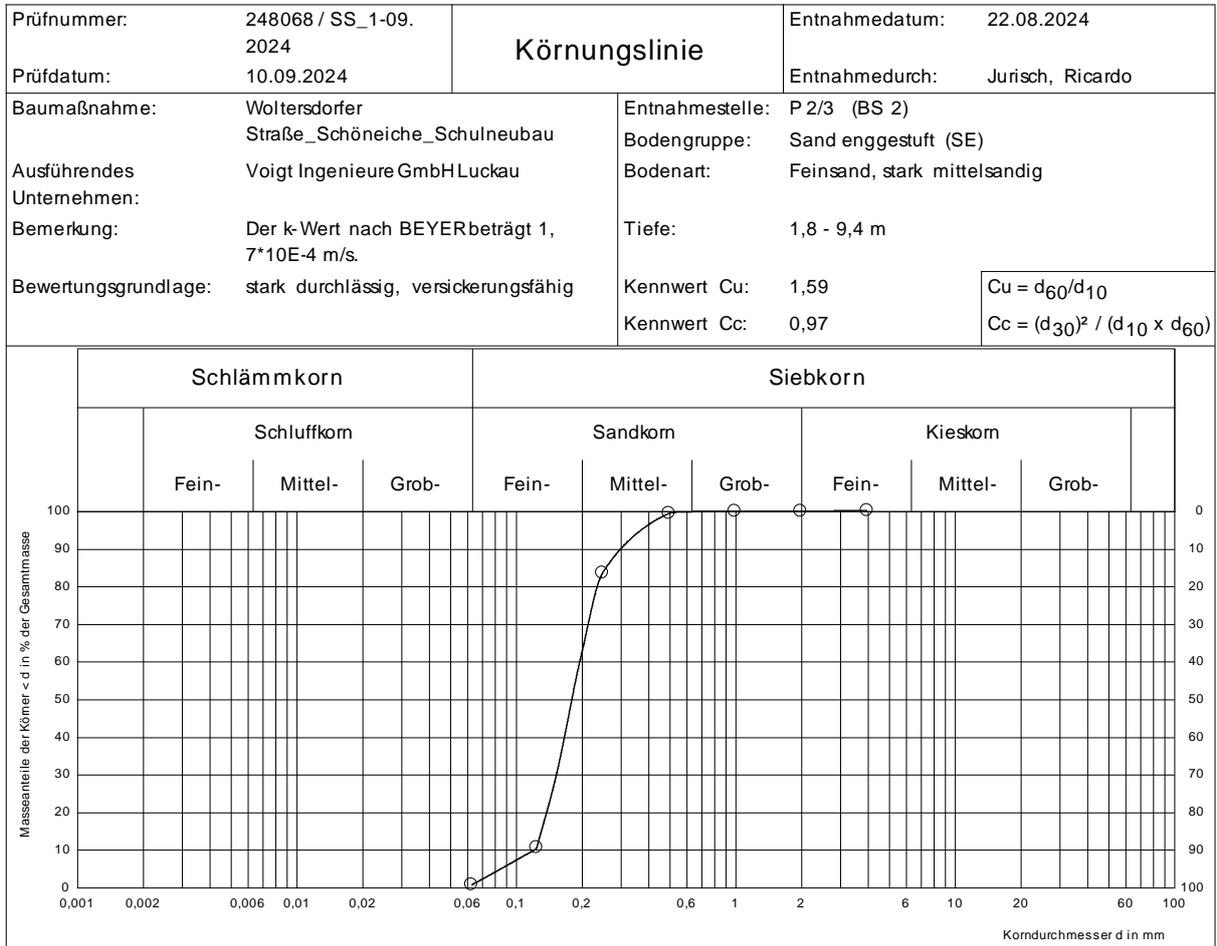
PROBE 2/1 aus Bohrung BS 2



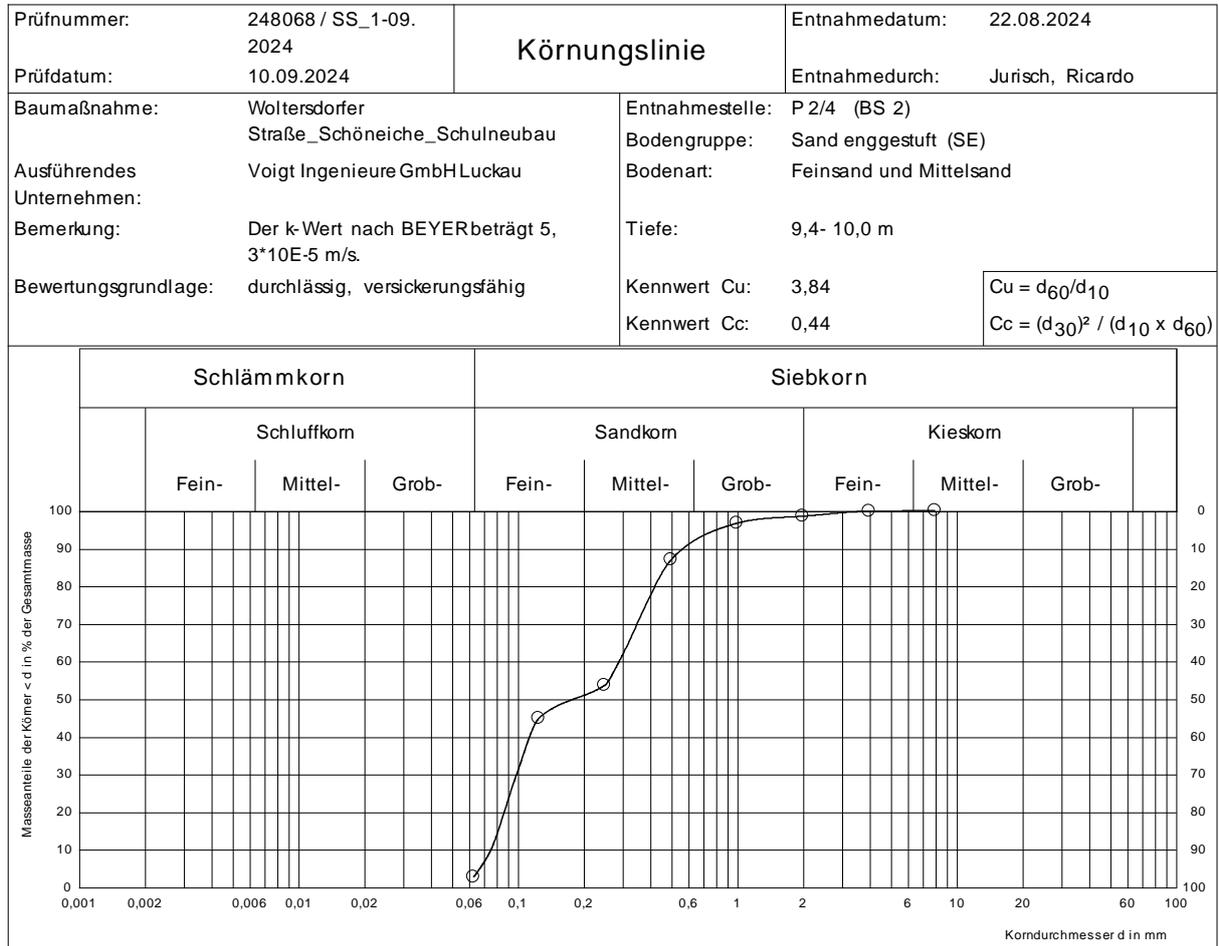
PROBE 2/2 aus Bohrung BS 2



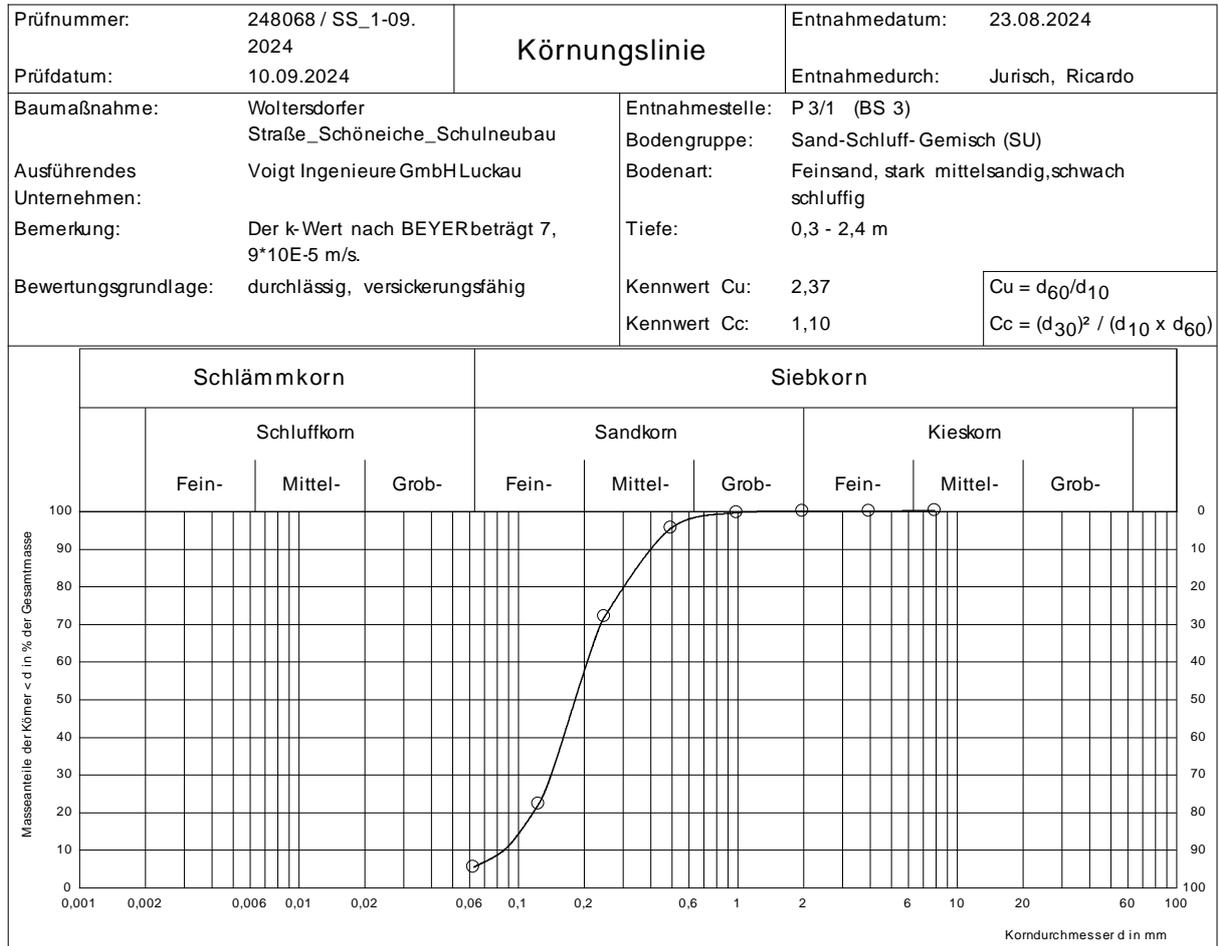
PROBE 2/3 aus Bohrung BS 2



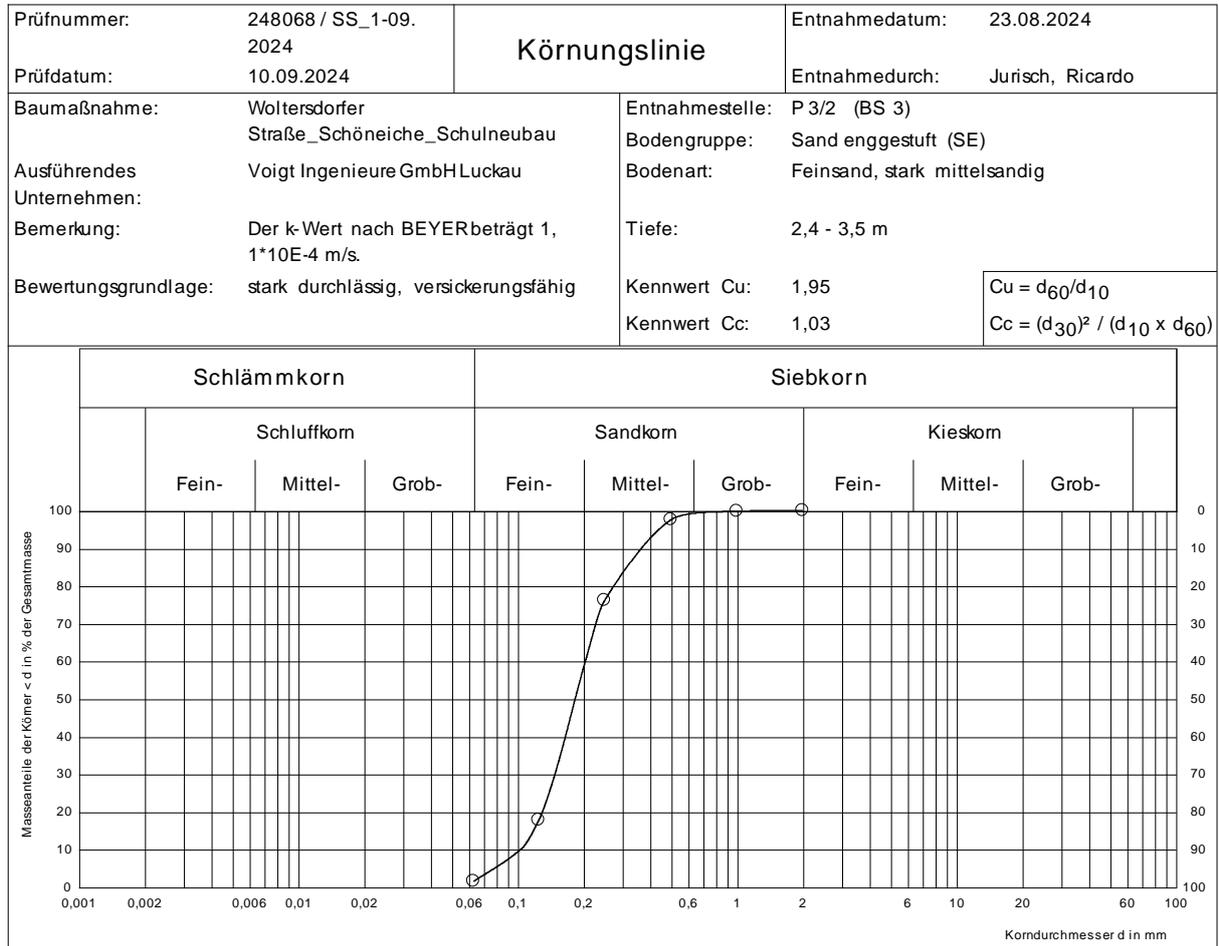
PROBE 2/4 aus Bohrung BS 2



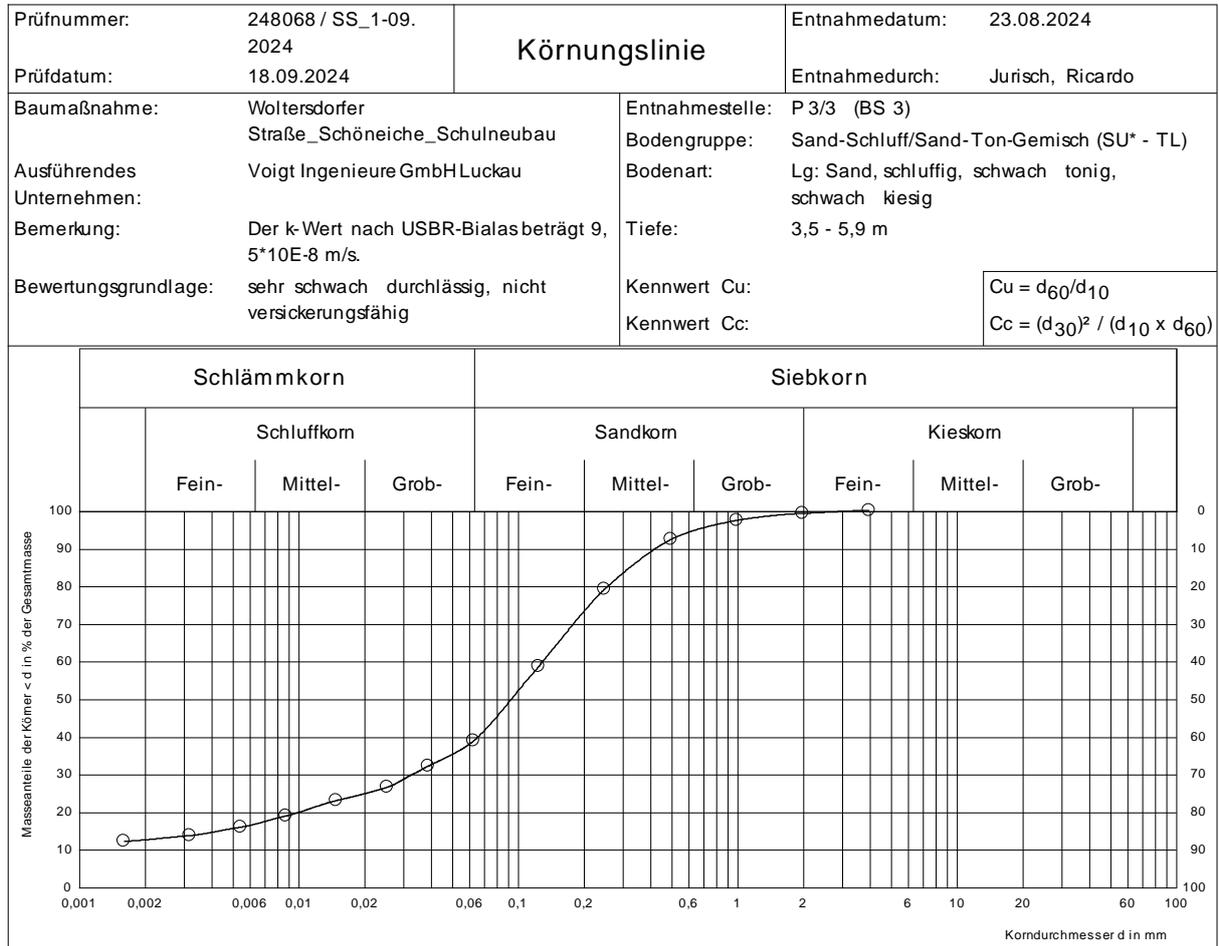
PROBE 3/1 aus Bohrung BS 3



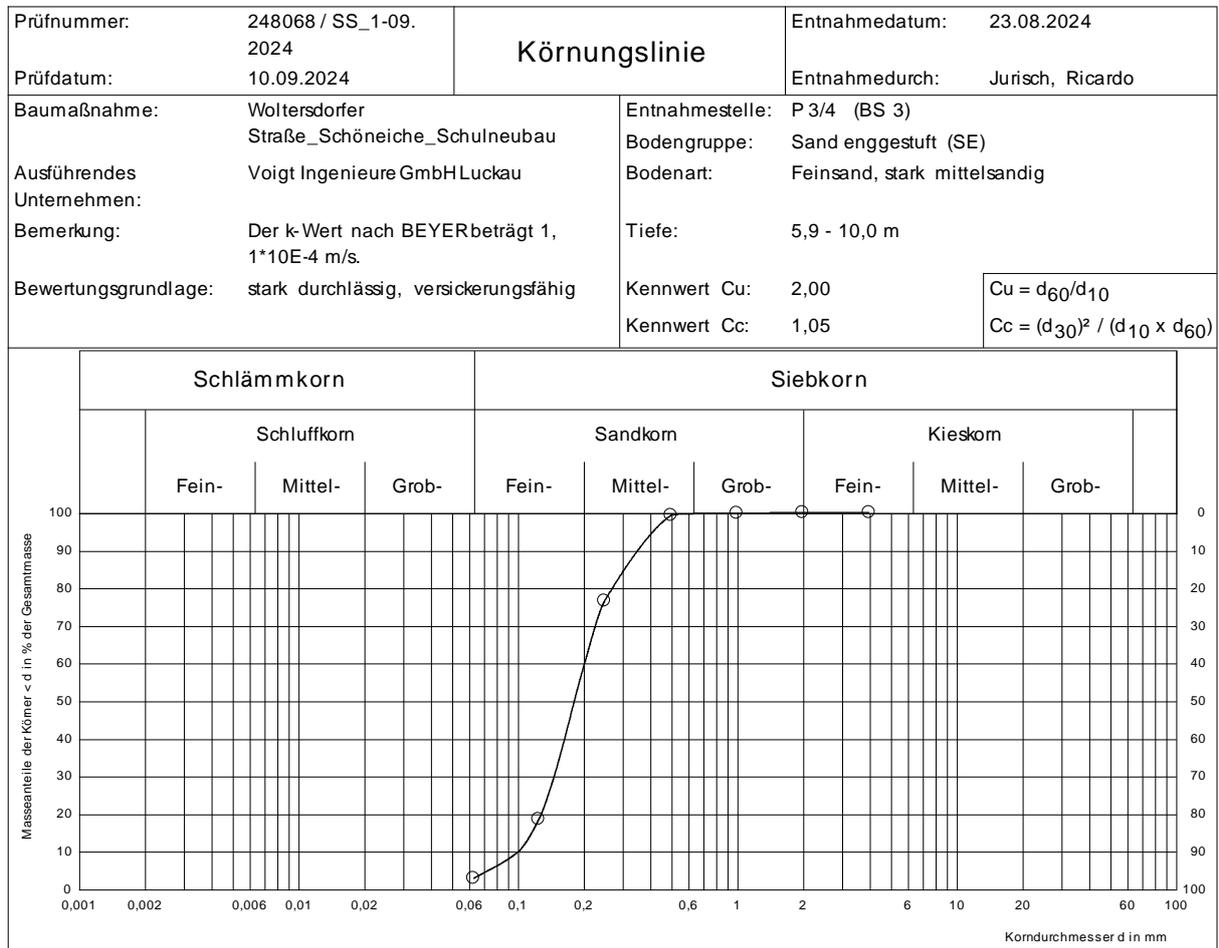
PROBE 3/2 aus Bohrung BS 3



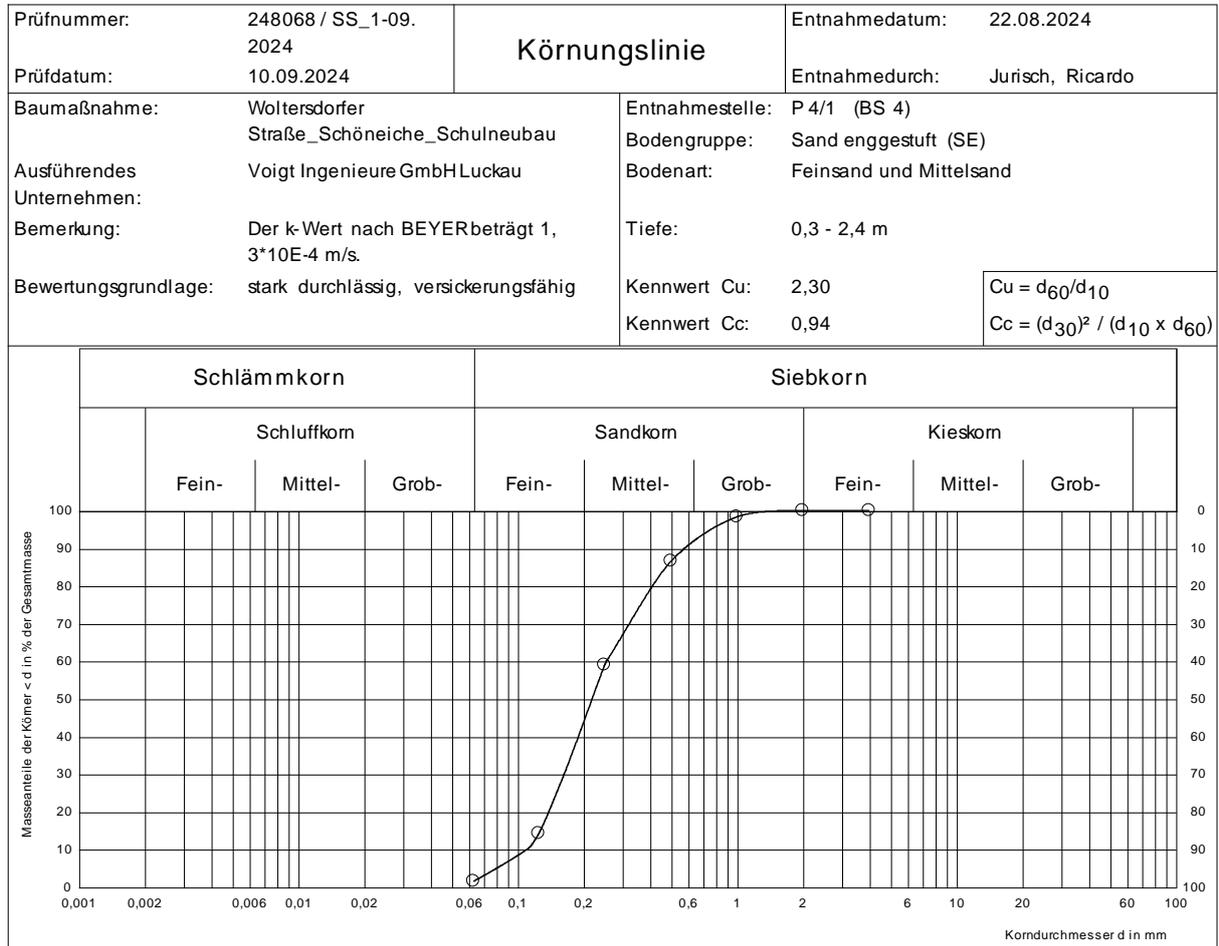
PROBE 3/3 aus Bohrung BS 3



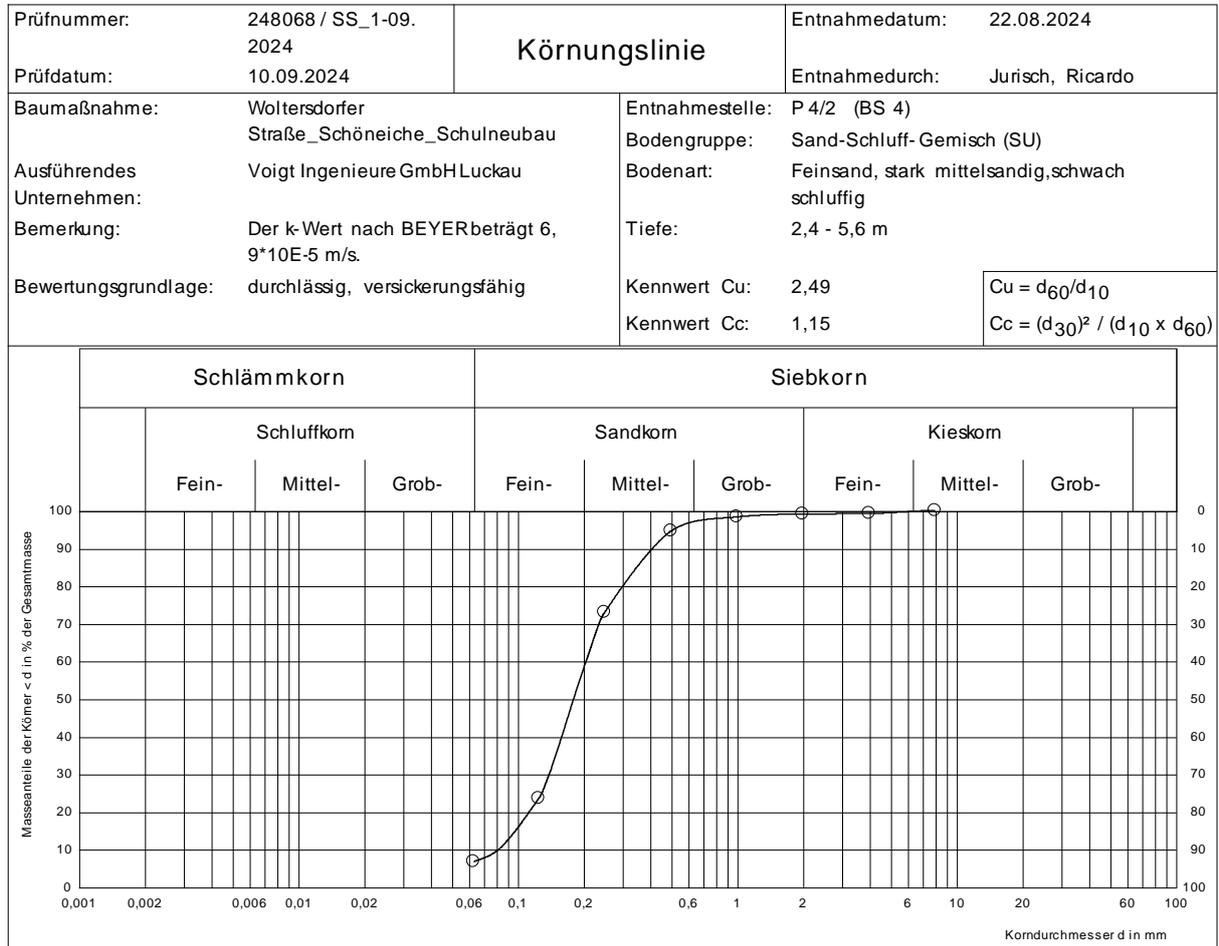
PROBE 3/4 aus Bohrung BS 3



PROBE 4/1 aus Bohrung BS 4



PROBE 4/2 aus Bohrung BS 4



PROBE 4/3 aus Bohrung BS 4

