

Projekt-Nr.: B 2684.2306

VPS-NBG Friedberg

**Erschließung des geplanten Neubaugebiets im Bereich der ehemaligen
Vinzenz-Palotti-Schule und Jugendverkehrsschule in 86316 Friedberg**

Baugrundgutachterliche Stellungnahme

Auftraggeber: Landratsamt Aichach-Friedberg
Münchener Straße 9
86551 Aichach

Begutachtung: Geotechnische Ingenieurgesellschaft
Prof. Dr. Schuler & Dr.-Ing. Gödecke
Salzmannstraße 29/1
86163 Augsburg

Anlagen:

1. Lageplan mit Untersuchungsstellen
2. Ergebnisse Felderkundung
 - 2.1 Kleinbohrungen RKS 1-5
 - 2.2 Sondierprofile DPH 1-5
3. Ergebnisse der chemischen Analytik
4. Charakteristische Bodenrechenwerte

Augsburg, den 28.08.2023

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines.....	3
1.1	Bauvorhaben.....	3
1.2	Vorgang und Veranlassung	3
1.3	Unterlagen	3
2.	Durchgeführte Untersuchungen.....	5
2.1	Rammkern-Kleinbohrungen	5
2.2	Schwere Rammsondierungen	5
2.3	Laborversuche	6
2.4	Chemische Laborversuche.....	6
2.5	Lage- und Höheneinmessung	7
3.	Untersuchungsergebnisse und Untergrundbeurteilung.....	8
3.1	Geologischer Überblick.....	8
3.2	Untergrund nach Aufschlussergebnissen.....	8
3.3	Untergrundbeurteilung.....	11
3.4	Hydrogeologische Verhältnisse	12
3.5	Boden-Kennwerte	13
3.5.1	Bodenrechenwerte	13
3.5.2	Bodenklassen nach DIN 18300	13
3.5.3	Homogenbereiche nach VOB/C und ATV DIN 18300.....	14
3.5.4	Zulässige Bodenpressungen / Bemessungswerte des Sohlwiderstands.....	15
3.6	Erdbebenzone nach DIN 4149.....	15
4.	Bautechnische Folgerungen Straßenbau	16
4.1	Frostempfindlichkeit der Gründungsböden und Dicke des frostsicheren Aufbaus	16
4.2	Gründung der Verkehrsflächen	16
4.3	Drainage- und Entwässerungsmaßnahmen.....	20
5.	Bautechnische Folgerungen Kanal- und Leitungsbau	21
6.	Bautechnische Folgerungen Wohnungsbau	23
7.	Ergänzende Hinweise zur Bauausführung.....	24
8.	Schlussbemerkungen	27

Erschließung VPS-NBG Friedberg

1. Allgemeines

1.1 Bauvorhaben

Auf dem Gelände der ehemaligen Vinzenz-Palotti-Schule und Jugendverkehrsschule in 86316 Friedberg soll ein Neubaugebiet entstehen und erschlossen werden (Flur-Nrn. 876, 876/1 und 876/2). Für diese Erschließungsmaßnahme war eine Baugrunderkundung durchzuführen und anschließend eine Baugrundgutachterliche Stellungnahme mit den resultierenden bautechnischen Folgerungen für den Straßen-, Kanal- und Wohnungsbau auszuarbeiten.

Der geplante Erschließungsbereich kann dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

1.2 Vorgang und Veranlassung

Auf Grundlage unseres Angebotes Nr. 4698 vom 22.06.2023 wurde unsere Geotechnische Ingenieurgesellschaft vom Landratsamt Aichach-Friedberg am 26.06.2023 mit der Durchführung und Auswertung einer Baugrunderkundung und mit der Ausarbeitung einer Baugrundgutachterlichen Stellungnahme für die vorstehende Erschließungsmaßnahme beauftragt.

Unsere Baugrundgutachterliche Stellungnahme wird hiermit vorgelegt.

1.3 Unterlagen

- Übersichtslageplan des Erschließungsgebietes im Maßstab 1:5.000 mit Datum vom 18.10.2022, erhalten vom LRA Aichach-Friedberg am 22.06.2023; Einzeichnung unserer Untersuchungspunkte in diesen Lageplan gemäß Anlage 1
- Ergebnisse unserer Felderkundung vom 12.07./13.07.2023 mit den Rammkern-Kleinbohrungen RKS 1-5 gemäß Anlage 2.1 und den Sondierprofilen DPH 1-5 gem. Anlage 2.2
- Ergebnisse der chemischen Analysen gemäß Anlage 3
- Geologische Karte von Bayern, Maßstab 1:500.000, herausgegeben vom Bayer. Geologischen Landesamt, München 1996

Erschließung VPS-NBG Friedberg

- Geologische Übersichtskarte CC 7926 Blatt Augsburg im Maßstab 1:200.000, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 2001
- Unsere Erfahrungen aus Bohr-, Schurf-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen früherer Bauvorhaben im Nahbereich der hier vorliegenden Baumaßnahme

Erschließung VPS-NBG Friedberg

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden für die vorstehende Begutachtung die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

2.1 Rammkern-Kleinbohrungen

Art:	Rammkern-Kleinbohrung RKS mit \varnothing 60-80 mm	
Anzahl:	5	
Tiefe:	RKS 1:	5,0 m
	RKS 2:	6,0 m
	RKS 3:	5,0 m
	RKS 4:	5,0 m
	RKS 5:	5,0 m
Ausführungszeit:	12.07./13.07.2023	
Bohrprofile:	s. Anlage 2.1	
Lage der Bohrungen:	s. Lageplan in Anlage 1	

2.2 Schwere Rammsondierungen

Art:	schwere Rammsondierung DPH nach DIN 4094 / DIN EN ISO 22476	
Anzahl:	5	
Tiefen:	DPH 1:	7,0 m
	DPH 2:	6,0 m
	DPH 3:	6,0 m
	DPH 4:	7,0 m
	DPH 5:	6,0 m
Ausführungszeit:	12.07./13.07.2023	
Sondierprofile:	s. Anlage 2.2	
Lage der Sondierungen:	s. Lageplan in Anlage 1	

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***2.3 Laborversuche**

Aus den durchgeführten Rammkern-Kleinbohrungen RKS 1-5 wurden im Zuge unserer Felderkundung am 12.07. und 13.07.2023 insgesamt 19 Bodenproben (der Güteklasse 3 nach DIN 4021) entnommen und in unserem bodenmechanischen Labor nach DIN 4022 angesprochen und beurteilt. Die Ergebnisse dieser Bodenansprachen mitsamt den resultierenden bodenmechanischen Beurteilungen sind im nachfolgenden Kapitel 3 dieses Gutachtens erarbeitet.

2.4 Chemische Laborversuche

Zur orientierenden Ermittlung der zu erwartenden abfalltechnischen Zuordnungsklassen wurde aus den oberflächennahen Decklehmen aus den Kleinbohrungen RKS 1-3 eine Mischprobe erstellt (Mischprobe aus RKS 1 / Ds 2 aus 0,3-2,3 m Tiefe, RKS 2 / Ds 2 aus 0,4-1,6 m Tiefe sowie RKS 3 / Ds 2 aus 0,5-2,4 m Tiefe), und für diese Mischprobe „MP Decklehm“ wurde anschließend eine orientierende Analytik nach dem bayerischen Verfüll-Leitfaden (Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen; StMUV; 15.07.2021) durchgeführt: Gemäß der Ergebniszusammenstellung in Anlage 3 waren bei dieser orientierenden Analytik für alle Prüfparameter jeweils die Z0-Zuordnungswerte gemäß „Leitfaden zu den Eckpunkten“ eingehalten entsprechend einer Einstufung der Mischprobe „MP Decklehm“ in die Einbauklasse Z0. Die weiteren Einzelheiten zur durchgeführten orientierenden Analytik können der Ergebniszusammenstellung und den Laborprüfberichten in der Anlage 3 entnommen werden.

Hinzuweisen ist allerdings darauf, dass in den oberflächennahen Deckböden erfahrungsgemäß oftmals auch bodenfremde Bestandteile wie z.B. Ziegelreste enthalten sein können: In diesem Fall wäre eine Z0-Verwertung für die zu entsorgenden Deckböden in der Regel nicht mehr zulässig entsprechend einer dann überwiegend zu erwartenden Einstufung in die Einbauklasse Z1.1.

Die durchgeführte abfalltechnische Analytik ist orientierend und kann in Anbetracht der heterogenen Verhältnisse und Stoffgehalte naturgemäß nur zur Groborientierung dienen. Die im Aushubfall erforderlichen Haufwerksbeprobungen und Deklarationsanalysen kann eine orientierende Analytik nicht ersetzen. Voraussetzung für die Begrenzung der Entsorgungskosten ist grundsätzlich eine konsequente Aushubüberwachung mit sorgfältiger Kontrolle, Separierung und Haufwerksbildung für unterschiedliche Materialien nach organoleptischen Kriterien sowie Haufwerksbeprobungen als Grundlage für die weitere fachgerechte Verwertung oder schadlose Beseitigung bzw. Aufbereitung in Abhängigkeit von der Deklarationsanalytik.

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***2.5 Lage- und Höheneinmessung**

Die Untersuchungspunkte wurden im Zuge der Feldarbeiten höhenmäßig eingemessen. Die Ansatzhöhen der Untersuchungspunkte sind in die jeweiligen Bohr- und Sondierprofile der Anlagen 2.1 und 2.2 als mNN-Angaben eingetragen. Die Erkundungstiefen sind in den Profilen in Meter unter GOK angegeben.

Die ungefähre Lage der Untersuchungspunkte geht aus dem Lageplan in Anlage 1 hervor.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

3. Untersuchungsergebnisse und Untergrundbeurteilung

3.1 Geologischer Überblick

Den geologischen Kartenwerken zufolge sowie aufgrund unserer örtlichen Erfahrung aus früher benachbart durchgeführten Baugrunderkundungen sind im vorliegenden Untersuchungsgebiet in Friedberg unterhalb einer Mutterbodendecke bzw. unterhalb von örtlichen künstlichen Auffüllungen die Tertiärschichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) zu erwarten, die in den oberen Abschnitten erfahrungsgemäß oft stark verwittert und oftmals umgelagert, aufgelockert und dementsprechend entfestigt sein können. Unterhalb dieses Verwitterungskopfes stehen die Tertiärschichten mit zunehmender Tiefe dann erfahrungsgemäß in hoher Lagerungsdichte und guter Tragfähigkeit in Wechsellagen aus Sanden, Kiesen, Schluffen, Tonen und Mergeln mit z.T. Sand-, Ton- und Mergelsteinausbildung bis in große Tiefen an.

Die zu erwartenden Untergrundverhältnisse wurden von den vorliegend durchgeführten Untersuchungen im Wesentlichen bestätigt. Nachfolgend werden die bei der Baugrunderkundung ange-troffenen Böden im Einzelnen beschrieben und beurteilt.

3.2 Untergrund nach Aufschlussresultaten

Als oberste Schichtlage wurde bei unseren Feldarbeiten am 12.07. und 13.07.2023 an allen Bohrstellen RKS 1-5 jeweils eine Mutterbodendecke mit unterschiedlichen Schichtdicken zwischen ca. 20 cm (in RKS 4) und ca. 50 cm (in RKS 3) erbohrt - und an der Bohrstelle RKS 1 waren in der Mutterbodendecke zudem Ziegelspuren ersichtlich.

Böden mit bodenfremden Beimengungen wie festgestellt an der Bohrstelle RKS 1 können erfahrungsgemäß meist nicht als Z0-Material verwertet werden und die Entsorgung von solchen Böden kann dementsprechend höhere Entsorgungskosten verursachen - im Zuge der Erdarbeiten müssen mit solchen Böden auf dem Bau-feld in der Regel Haufwerke gebildet und die genauen Zuordnungswerte mittels entsprechender Haufwerksbe-probungen und Deklarationsanalysen bestimmt werden. Zusätzliche Erschwernisse und Kosten bei der Entsorgung von organischen Böden können sich darüber hinaus je nach der entsorgerseitigen Bewertung der Organikparameter ergeben.

Eine vermutlich künstliche Auffüllung in Form eines kiesigen sowie schwach schluffig bis schluffigen Sandes wurde unterhalb der Mutterbodendecke des Weiteren dann nur an der Bohrstelle RKS 4 von ca. 0,2-0,7 m Tiefe erbohrt. Bodenfremde Beimengungen wurden in dieser Sandauffüllung dabei zwar nicht festgestellt, sind abseits unserer Untersuchungspunkte in den oberen Schichtlagen erfah-

Erschließung VPS-NBG Friedberg

rungsgemäß aber keinesfalls auszuschließen - und auch bei solchen etwaigen Auffüllungen mit bodenfremden Beimengungen ist dementsprechend auf die ggf. höheren Entsorgungskosten für das anfallende Aushubmaterial hinzuweisen: Im Zuge der Erdarbeiten müssen mit solchen Aushubböden auf dem Baufeld Haufwerke gebildet und die genauen Zuordnungswerte mittels entsprechender Haufwerksbeprobungen und Deklarationsanalysen bestimmt werden.

Auffüllböden sind in Schichtausbildung, Zusammensetzung und Verdichtung erfahrungsgemäß oft sehr inhomogen. Selbst auf kurzen Distanzen sind signifikante Änderungen der Bodeneigenschaften möglich, d.h. neben ausgesprochenen Lockerlagerungen können auch unterschiedliche Zusammensetzungen und höhere Anteile von Steinen und Blöcken sowie anthropogene Beimengungen wie z.B. Beton- und Mauerwerksreste, Stahl, Holz etc. nicht ausgeschlossen werden. Von Bauwerksgründungen in oder oberhalb von künstlichen Auffüllungen sollte daher grundsätzlich abgesehen werden - und alle im Bereich der geplanten Baumaßnahme anstehenden Auffüllungen sollten für die Gebäudegründungen dementsprechend vollständig ausgehoben und entfernt werden.

Unterhalb der Mutterbodendecke wurden an den nördlichen 3 Bohrstellen RKS 1-3 bis in unterschiedliche Tiefen von 2,3-2,4 m (in RKS 1+3) und ca. 4,2 m unter GOK (in RKS 2) dann jeweils bindige Decklehme angetroffen: Nach DIN 4022 waren diese Decklehme in den oberen Schichtlagen bis ca. 1,6-2,4 m Tiefe zunächst jeweils als stark sandige (sowie in RKS 3 zudem auch als schwach kiesige) Schluffe anzusprechen, sowie tiefer bei abnehmendem Grobkorn- und zunehmenden Feinkorngehalt in RKS 2 ab ca. 1,6 m Tiefe dann auch als schwach sandiger und schwach toniger Schluff - und im Bohrtiefsten von RKS 1 von ca. 4,1 m bis zur Bohrendtiefe bei 5,0 m unter GOK wurde darüber hinaus dann noch ein toniger und schwach sandiger Schluff erbohrt.

Die Konsistenz der Schluffe war unterschiedlich und reichte von weich bis steif (in RKS 3 von 0,5-2,4 m Tiefe) bis steif-halbfest (in RKS 1 von 0,3-2,3 m Tiefe) - wobei die tieferen Schluffe in RKS 1 ab ca. 4,1 m unter GOK andererseits jedoch nur steif waren.

Keine Schluffe wurden vorliegend an den beiden südlichen Bohrstellen RKS 4+5 festgestellt: Unterhalb der Mutterbodendecke bzw. der Sandauffüllung standen dort bis zur Bohrendtiefe bei je ca. 5 m unter GOK sogleich jeweils Tertiäre Sande an. An den beiden Bohrstellen RKS 2+3 wurden solche Tertiärsande darüber hinaus jeweils im Bohrtiefsten von ca. 4,2-6,0 m (in RKS 2) und von ca. 2,4-5,0 m Tiefe (in RKS 3) erbohrt - und an der Bohrstelle RKS 1 war eine solche Sandlage zudem von ca. 2,3-4,1 m Tiefe in die dortigen Schluffböden eingeschaltet.

Gemäß Bodenansprache nach DIN 4022 waren die Tertiärsande vorliegend meist stärker verlehmt und waren dementsprechend zumindest als schluffig sowie mit zunehmender Tiefe überwiegend jeweils als stark schluffig anzusprechen.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Die weitere Tiefenausdehnung des Tertiärs unterhalb von ca. 6 m unter GOK konnte mit den durchgeführten Kleinbohrungen RKS 1-5 dann nicht mehr aufgeschlossen werden, erfahrungsgemäß wechselt die Ausbildung der tieferen tertiären Böden mit zunehmender Tiefe jedoch zwischen enggestuften Sanden zu Schluffen, Tonen und Tonmergeln. Sofern gewünscht und erforderlich könnte die weitere detaillierte Schichtenfolge im tieferen Untergrund noch mittels ergänzender größer-durchmessriger Aufschlussbohrungen erkundet werden.

Die aufgeschlossenen Schluffe sind nach DIN 18196 in der Regel in die Bodengruppe der leicht- bis mittelplastischen Schluffe UL/UM einzuordnen und etwaige organische Abschnitte auch in die Gruppe der organogenen Schluffe OU - und die zumeist stärker verlehnten Tertiären Sande dürften je nach der örtlichen Schlämmerkornführung und Kornverteilung zumeist in die Bodengruppe der Sand-Schluff-Gemische SÜ* fallen und weniger verlehnte Abschnitte mit Feinkorngehalten < 15% auch in die Gruppe der Sand-Schluff-Gemische SU.

Nach ZTVE-StB dürften die Tertiären Sande vorliegend überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) einzuordnen sein, und nur weniger verlehnte Sandabschnitte mit Feinkornanteilen < 15 % abschnittsweise auch in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis mittel frostempfindlich) - und die überlagernden Decklehme dürften in aller Regel ebenfalls in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTVE fallen.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichten und Tragfähigkeiten der Böden wurden neben den Bohrpunkten RKS 1-5 die schweren Rammsondierungen DPH 1-5 nach DIN 4094 / DIN EN ISO 22476 durchgeführt: Nennenswerte Sondierwiderstände waren bis in unterschiedliche Tiefen zwischen ca. 3,5 m (in DPH 3) und 5,5 m unter Sondieransatz (in DPH 1) hierbei zunächst nicht festzustellen: Bei Schlagzahlen von zunächst meist deutlich weniger als 10 Schlägen je 10 cm Eindringung ist in den Decklehmern dementsprechend von einer zunächst oft nur weich-steifen Konsistenz auszugehen sowie in den oberen Sandabschnitten von einer zunächst oft nur lockeren oder allenfalls soeben mitteldichten Lagerung der Sande.

Unterhalb der o.g. Tiefen von 3,5-5,5 m unter Sondieransatz weist ein Anstieg der Sondierwiderstände auf bis zu ca. 10-30 Schläge je 10 cm Eindringung im Tiefsten der Sondierungen DPH 1-5 dann auf die besser tragfähigen tieferen Tertiärhorizonte hin: Ab diesen Tiefen dürften die tieferen Tertiären Schluffe und evtl. auch Tone in der Regel eine zumindest halb feste Konsistenz aufweisen sowie die tieferen tertiären Sand- und evtl. auch Kiesböden eine in der Regel zumindest mitteldichte Lagerung - ein nochmaliger Schlagzahleinbruch auf 5-7 Schläge je 10 cm Eindringung wurde allerdings noch an der Sondierstelle DPH 4 im Tiefenabschnitt von ca. 5,7-6,1 m unter GOK festgestellt. Im Detail gehen die Sondierverläufe aus den Sondierprofilen in der Anlage 2.2 hervor.

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***3.3 Untergrundbeurteilung**

Die in den Rammkern-Kleinbohrungen RKS 1-3 aufgeschlossenen Schluffböden mit ihrer z.T. nur weich-steifen Konsistenz sind als nur gering tragfähig zu beurteilen, ebenso wie auch die aufgeschlossenen zunächst oft nur locker bis allenfalls mitteldicht gelagerten Sande als nur begrenzt und insgesamt nur mäßig tragfähig zu beurteilen sind. Wegen ihrer leichten Zusammendrückbarkeit und großen Kompressibilität dürfen solche Böden nicht für Regelfallgründungen nach DIN 1054 herangezogen werden - andernfalls wären bei einer Bauwerksgründung in und über solchen Schwächezonen entsprechend große Setzungen und Setzungsdifferenzen zu befürchten, und unter größeren dynamischen Lasten und Wechsellasten wären wegen der nur locker gelagerten Bodenbereiche zudem erhebliche Korneinrüttlungen und Einschiebungen in höhere Lagerungsdichten möglich und könnten erhebliche zusätzliche Setzungen und Setzungsdifferenzen verursachen. Darüber hinaus kann in den vorliegend aufgeschlossenen bindigen Deckböden ohne weitere Zusatzmaßnahmen erfahrungsgemäß meist auch der auf dem Planum des Straßenunterbaus in der Regel geforderte E_{v2} -Wert von 45 MN/m² nicht erzielt werden: Eine angepasste Ausführungsempfehlung für den Straßenausbau bei solchen Untergrundverhältnissen wird im nachfolgenden Abschnitt 4 dieser Stellungnahme erarbeitet.

Während die bindigen Deckböden nur wenig bis nahezu wasserundurchlässig sind und als Stauer wirken können, schwankt die Wasserdurchlässigkeit in den (vorliegend zumeist stärker verlehmt) Tertiärsanden je nach Feinkornanteil erfahrungsgemäß zwischen meist ca. 1×10^{-5} bis 1×10^{-7} m/s entsprechend einer überwiegend nur mäßigen Durchlässigkeit der Tertiären Sande. Bei feinkörnigeren Kornabstufungen und in noch stärker verlehmt Zonen würde die Wasserdurchlässigkeit noch weiter abnehmen, während in schlämmkornarmen Bereichen und in möglichen kiesigen Schichtlagen auch deutlich größere Durchlässigkeiten auftreten können. Ausnutzbar zur Versickerung von Oberflächenwässern dürften vorliegend somit allenfalls noch etwaig vorhandene Sandabschnitte mit weniger verlehmt und allenfalls schluffigen Sanden sein - in der Regel wird bei Untergrund- und Sickerverhältnissen wie vorliegend von der Errichtung von Sickereinrichtungen mit z.B. Sickerschächten oder Rigolen jedoch abgesehen und stattdessen eine Einleitung in den öffentlichen Kanal weiter verfolgt bzw. zumindest eine Überlaufmöglichkeit in den Kanal vorgesehen. Gesichert würde sich die Versickerungsfähigkeit bei Verhältnissen wie vorliegend jeweils nur auf Grundlage entsprechender Sickerversuche in-situ ermitteln lassen.

Aufgrund ihrer Gleichförmigkeit sind die Tertiären Sande und sandigen Schluffe unter Wassereinfluss als ausgesprochen fließ- und erosionsempfindlich zu beurteilen. Bei ungünstiger niederschlagsreicher Witterung und bei Frost ist die Durchführung von Erdarbeiten in solchen Böden grundsätzlich nicht zu empfehlen.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Die bindigen Deckböden wie auch Sand-Schluff-Gemische und Tertiäre Sande mit mittleren bis höheren Schlämmkornanteilen sind nicht gut verdichtbar und deshalb für den Wiedereinbau sowie für Wiederverfüllungen ohne aufwendige Zusatzmaßnahmen nicht zu empfehlen, sofern nicht stärkere Setzungen und Nachsackungen in Kauf genommen würden. Tertiärsande mit begrenztem Feinkorngehalt sind als Wiederverfüllungsmaterial hingegen besser geeignet und besitzen bei einem Einbau in ausreichend dünnen Schichtlagen und bei geeignetem Wassergehalt eine ausreichend gute Verdichtbarkeit, welche mit zunehmendem Feinkorngehalt jedoch entsprechend abnimmt.

Die aufgeschlossenen Tertiären Schluffe und Sande sind bei den festgestellten Sondierwiderständen als zunächst meist leicht bis mittel ramm- und bohrbar zu erwarten; mit zunehmender Tiefe lassen die Sondierverläufe dann jedoch entsprechend schwerere Ramm- und Bohrbarkeiten und in diagenetisch verfestigten Schichtlagen wie auch bei nicht auszuschließenden Stein- oder Blockeinlagerungen dann auch entsprechende Ramm- und Bohrhindernisse erwarten. In etwaigen Auffüllbereichen könnten Ramm- und Bohrhindernisse evtl. auch bereits oberflächennah auftreten.

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Das Grundwasser wurde im Zuge unserer Felderkundung am 12.07. und 13.07.2023 in den durchgeführten Rammkern-Kleinbohrungen RKS 1-5 bis zur jeweiligen Bohrendtiefe von max. 6 m unter GOK jeweils noch nicht angetroffen entsprechend einem Wasserstand bei unserer Felderkundung erst unterhalb dieser maximalen Aufschlusstiefen. Je nach Witterung kann auf den wasserstauenden Schluffen zumindest zeitweise jedoch ein Schichtwasser entstehen - in allen Bereichen mit einem solchen temporär möglichen Schichtgrundwasserhorizont (einem sog. oberen „schwebenden Grundwasser“) sollten dort in den Untergrund einbindende Bauteile zweckmäßig wasserundurchlässig z.B. als sog. „Weiße Wanne“ ausgeführt werden.

Grundsätzlich unterliegen die Grundwasserstände nicht unerheblichen jahreszeitlichen, klimabedingten wie auch anthropogen verursachten Schwankungen, so dass künftig durchaus auch höhere oder niedrigere Grundwasserspiegel möglich sind. Nähere Angaben zu den Schwankungsbreiten und Höchstständen liegen uns nicht vor und müssten bei Bedarf - z.B. durch die Errichtung und Beobachtung von Grundwassermesspegeln - noch erhoben werden.

Bei Ausführung von Bauteilen, welche dauerhaft in das Grundwasser einbinden, könnte sich vorzorglich die Entnahme einer Grundwasserprobe mit Untersuchung auf Betonaggressivität nach DIN 4030 empfehlen, soweit nicht auf der sicheren Seite liegende Annahmen getroffen werden sollen.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

3.5 Boden-Kennwerte**3.5.1 Bodenrechenwerte**

Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurden in Anlage 4 die charakteristischen Bodenrechenwerte für die aufgeschlossenen Bodenschichten erarbeitet. Die Werte gelten für den jeweils ungestörten Lagerungsverband, d.h. z.B. ohne baubedingte Auflockerung oder Ver-nässung wie andererseits auch ohne bautechnische Maßnahmen zur Verbesserung des Untergrundes. Die Werte stützen sich neben den Ergebnissen unserer Feld- und Laborerkundung auf die Ausführungen der DIN 1055 sowie auf unsere allgemeine Erfahrung mit vergleichbaren Böden bzw. geologischen Schichten aus dem vorliegenden Untersuchungsgebiet.

Im Regelfall kann mit den in Anlage 4 angeführten Mittelwerten gerechnet werden. In kritischen Lastfällen und in Einzelbereichen des Bauvorhabens sollten dagegen die jeweils ungünstigsten Werte in die Berechnung eingesetzt werden.

3.5.2 Bodenklassen nach DIN 18300

<u>Oberboden, Humus</u>	Klasse 1
<u>Künstliche Auffüllungen:</u>	
Gemischtkörnige und schluffige Kiese	Klasse 4
bei schwachen Schlämmkornanteilen	Klasse 3
<u>Verwitterte Deckböden</u>	
bei höheren Schlämmkornanteilen	Klasse 4
bei schwachen Schlämmkornanteilen	Klasse 3
bei organischen und breiigen Einlagerungen sowie	
bei Torfen und organischen Böden auch	Klasse 2
bei ausgeprägten Plastizitäten auch	Klasse 5
<u>Tieferes Tertiär:</u>	
Sande	Klasse 3-4
Schluffe/Tone:	Klasse 4/5
bei Verfestigung auch	Klasse 6

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Für künstliche Auffüllungen sowie wegen nicht auszuschließender Stein- und Blockeinlagerungen oder auch anderen Grobeinlagerungen insbesondere in künstlichen Auffüllungen können Bodenklassen nur bedingt angegeben werden. Auf künstliche Auffüllungen sollte daher generell gesondert hingewiesen werden. Wegen steiniger Einlagerungen und diagenetischer Verfestigungen sollten in der Ausschreibung zudem grundsätzlich stets auch die höheren Bodenklassen bis Klasse 7 sowie wegen Humus- und Deckschichtabschnitten auch die niedrigeren Bodenklassen bis Klasse 1 mit aufgeführt werden.

Grundsätzlich können Baugrundaufschlüsse an den jeweiligen Untersuchungsstellen nur punktförmig über Baugrund und Bodenklassen Aufschluss geben, so dass sich die genauen Zuordnungen erst im Zuge der Erdarbeiten ergeben. In Zweifelsfällen sollte der Baugrundgutachter unverzüglich mit herangezogen werden, da sich nachträgliche Klärungen erfahrungsgemäß als schwierig erweisen können.

3.5.3 Homogenbereiche nach VOB/C und ATV DIN 18300

Unterhalb der Mutterbodendecke und unterhalb von etwaigen (naturgemäß heterogenen) künstlichen Auffüllböden können auf Grundlage der durchgeführten Baugrunderkundung für den vorliegenden Untersuchungsbereich folgende Homogenbereiche nach VOB/C und ATV DIN 18300 angegeben werden:

Homogenbereich I: Decklehme / Schluffe

Ortsübliche Bezeichnung	Decklehm / Schluff
Bodengruppe nach DIN 18196	meist UL/UM, örtlich evtl. auch OU
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	-
Massenanteil Steine und Blöcke nach DIN 18123	meist ohne Stein-/Blockeinlagerungen
Wichte feucht und Wichte unter Auftrieb	s. Bodenrechenwerte in Anlage 4
Konsistenz gem. Bodenansprache + Laborversuche	meist weich-steif bis steif-halbfest, tiefer auch fest

Homogenbereich II: Tertiäre Sande

Ortsübliche Bezeichnung	Tertiärer Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	meist SÜ*, örtlich auch SU
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	-
Massenanteil Steine und Blöcke nach DIN 18123	meist ohne Stein-/Blockeinlagerungen
Wichte feucht und Wichte unter Auftrieb	s. Bodenrechenwerte in Anlage 4
Lagerungsdichte nach DIN 18126 / DIN 4094	meist locker bis mitteldicht, tiefer auch dicht

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***3.5.4 Zulässige Bodenpressungen / Bemessungswerte des Sohlwiderstands**

Die im Zuge unserer Baugrunderkundung aufgeschlossenen z.T. nur geringkonsistenten Schluffe wie auch die in den oberen Schichtlagen zunächst meist nur locker gelagerten Sandböden sind nicht mit den zulässigen Bodenpressungen nach den Tabellenwerten der DIN 1054 belastbar, da solche gering tragfähigen Böden keinen Regelfall zur Gründung von Ingenieurbauwerken im Sinne dieser Norm darstellen. Eine angepasste Ausführungsmöglichkeit für den geplanten Straßen-, Kanal- und Wohnungsbau bei solchen Untergrundverhältnissen wird in den nachfolgenden Abschnitten 4-6 dieser Stellungnahme erarbeitet.

3.6 Erdbebenzone nach DIN 4149

Gemäß Blatt 1 der alten DIN 4149 liegt das vorliegende Untersuchungsgebiet in Friedberg in der früheren Erdbebenzone 0, in welcher der Lastfall Erdbeben den Ausführungen dieser Norm zufolge nicht berücksichtigt zu werden brauchte.

Das Untersuchungsgelände liegt auch nach der neuen DIN 4149 (Ausgabe 2005) außerhalb der dort angegebenen Erdbebenzonen. Der Lastfall Erdbeben ist dementsprechend unwahrscheinlich und muss auch nach der neuen Norm nicht berücksichtigt werden.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

4. Bautechnische Folgerungen Straßenbau

4.1 Frostempfindlichkeit der Gründungsböden und Dicke des frostsicheren Aufbaus

Hinsichtlich der Frostempfindlichkeit von Planums- und Gründungsböden sind die bindigen oder bindig geprägten Deckböden größtenteils der Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTVE zuzuordnen, und eine Zuordnung auch in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis mittel frostempfindlich) dürfte vorliegend nur örtlich im Fall von abschnittsweise weniger verlehmtten Sandböden mit Feinkornanteilen < 15 % maßgeblich werden. Zur Vermeidung des erheblichen Aufwandes für jeweils kleinflächige Detailabgrenzungen von Böden der Klassen F2/F3 wäre bei solchen Untergrundverhältnissen zu Bedenken zu geben, ob nicht vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend einheitlich von der ungünstigeren Frostempfindlichkeitsklasse F3 ausgegangen werden sollte.

Gemäß RStO ergibt sich für Planumböden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 der Ausgangswert für die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus je nach Bauklasse mit 50-65 cm. Weiter sind für die Dickenbemessung des frostsicheren Aufbaus die einschlägigen Zu- und Abschläge der ZTVE zu berücksichtigen, wie z.B. in der vorliegenden Frosteinwirkungszone II ein Zuschlag von 5 cm. Darüber hinausgehende spezielle Untersuchungen oder Langzeiterfahrungen zur Frosteindringtiefe liegen uns für den Bereich der vorliegenden Erschließungsmaßnahme nicht vor.

4.2 Gründung der Verkehrsflächen

Den Ergebnissen unserer Baugrunderkundung zufolge sind im vorliegenden Untersuchungsgebiet für die Straßengründung unterschiedliche Bodenverhältnisse zu berücksichtigen: Während in den Kleinbohrungen RKS 1-3 im nördlichen Teil des Neubaugebiets in der Planumshöhe der neuen Straßen zumeist gründungstechnisch weniger günstige stark sandige Schluffböden angetroffen wurden, so dürften im Südteil des Neubaugebietes gemäß den dort durchgeführten Kleinbohrungen RKS 4+5 im Planum überwiegend schluffige Sandböden zu erwarten sein: Je nach der örtlichen Kornabstufung der Sande könnte zur Erzielung des im Planum üblicherweise geforderten E_{v2} -Wertes von zumindest 45 MN/m^2 in diesem Bereich vermutlich bereits ein zusätzlicher Bodenaustauschkoffer unterhalb der Frostschutzkiese um ca. 10-20 cm ausreichend sein - und in besonders wenig verlehmtten Abschnitten könnte das Sandplanum ggf. sogar lediglich noch intensiv mit einem zumindest 12 t schweren Vibrationsverdichtungsgerät in Glattwalzenausführung mit zumindest 4 Verdichtungsübergängen verdichtet werden, um den E_{v2} -Wert von 45 MN/m^2 zu erzielen. Die ersten beiden Verdichtungsübergänge wären in solchen Planumböden dann zweckmäßig mit und die weiteren Übergänge ohne Vibration auszuführen. Etwaig festgestellte Verlehmungszonen wären vor der Sohlenverdichtung allerdings zu entfernen und gegen geeignetes und ausreichend verdichtetes Ersatzmaterial auszutauschen.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Weniger günstig sind die Gründungsverhältnisse für die neuen Erschließungsstraßen gemäß den durchgeführten Kleinbohrungen RKS 1-3 andererseits im nördlichen Teil des Neubaugebiets mit den dort im Straßenplanum erkundeten stark sandigen Schluffböden: Der nach ZTVE-StB für eine Standardqualität im Planum (=UK Frostschuttschicht) geforderte E_{v2} -Wert von 45 MN/m^2 dürfte in solchen bindigen Böden - und insbesondere in den Bereichen mit einer nur weich-steifen Konsistenz der Schluffe - ohne Verbesserungsmaßnahmen in der Regel nicht zu erreichen sein: Für die Straßengründung empfiehlt sich in solchen Abschnitten daher ein Bodenaustausch, so dass die Sollwerte zumindest auf einem ausreichend dicken Bodenaustauschkoffer erfüllt werden. Als Austauschmaterial empfiehlt sich unter intensiver Verdichtung in Lagen von nicht über 25 cm Dicke in dichte Lagerung einzubauendes gut kornabgestuftes Kies- und Sandmaterial ggf. zusammen mit gebrochenem Schotter. Zur Erzielung der geforderten E_{v2} -Werte auf dem Austausch-Planum von zumindest 45 MN/m^2 dürfte in den nur weich bis steifkonsistenten Schluffböden bei einem E_{v2} -Wert des unverbesserten, nicht ausgetauschten Gründungsbodens von 10 MN/m^2 beispielsweise eine Austauschmächtigkeit von ca. 40-60 cm oder bei einem E_{v2} -Wert von 20 MN/m^2 eine Austauschmächtigkeit von voraussichtlich ca. 30 cm erforderlich werden. Falls im Planum in Teilabschnitten noch geringere und z.B. nur breiig-weiße Schluffe auftreten sollten, so könnten je nach örtlicher Konsistenz auch noch größere Austauschdicken erforderlich werden. Zwecks Überprüfung und genauer Festlegung der Bodenaustauschdicken auch in Abhängigkeit von einem etwaig zum Einsatz vorgesehenen zugfesten Geotextil sollte bei Baubeginn ein entsprechender Einbauversuch zweckmäßig unter Einschaltung eines Baugrundsachverständigen vorgenommen und bei wechselnden Gründungsverhältnissen je nach Bedarf wiederholt werden.

In Bereichen, in welchen noch geringkonsistente Böden unterhalb der Austauschsole verbleiben würden (wie voraussichtlich z.B. im Bereich der Bohrstelle RKS 3), können langfristig trotz des darüber liegenden Bodenaustausches allmählich entstehende Setzungen und Setzungsdifferenzen im Fahrbahnoberbau auftreten. Demnach würde die Gründungsvariante mit einem nur teilweisen Austausch der weich-steifen Böden zwar eine kostengünstige Bauabwicklung ermöglichen, wäre jedoch nur bei nicht zu hohen Anforderungen an die Langzeit-Ebenheit der Fahrbahnoberfläche der Bauherrschaft vorzuschlagen unter Berücksichtigung des damit verbundenen Nachteils, dass längerfristig ggf. ein erhöhter Erhaltungs- und Erneuerungsaufwand an der Fahrbahnoberfläche in Kauf genommen werden müsste. Andernfalls wären alle geringkonsistenten Schwächezonen mit entsprechend großem Aufwand vollständig auszutauschen mit einem dann zu erwartenden Bodenaustausch von z.T. jedoch mehreren Metern (wie z.B. an der Bohrstelle RKS 1 bis ca. 2,4 m u. GOK).

Zur Begrenzung der Bodenaustauschdicke und -kosten sowie auch zur Vergleichmäßigung und Begrenzung der vorgenannten Setzungen und Setzungsdifferenzen kann sich auf der Aushubsole vorliegend die Anordnung einer Geotextilbewehrung empfehlen, und an der Austauschbasis könnte zweckmäßig z.B. eine zweiachsig hochzugfeste Geotextilbewehrung mit einer Mindestreißfestig-

Erschließung VPS-NBG Friedberg

keit von z.B. 50-100 kN/lfm bei z.B. größenordnungsmäßig 6 % Dehnungsbegrenzung eingebaut werden. Bei der darauf aufzubauenden Polsterschicht wäre auf eine besonders hohe Einbaudichte bei gleichzeitig hoher Reibungsfestigkeit zu achten. Anstelle eines solchen zugfesten Geotextils könnte zur Vergleichmäßigung der Setzungen und Setzungsdifferenzen alternativ auch die Anordnung eines geeigneten, knotensteifen Geogitters in der Unterkante der Austauschschicht vorgesehen werden. Durch den Einbau einer solchen Geotextilbewehrung bzw. eines solches Geogitters konnte bei Straßenbaumaßnahmen in vergleichbaren Untergrundverhältnissen die Dicke des Austauschkooffers um bis zu ca. 10 - 20 cm reduziert werden. Auf die Erfordernis einer ausreichenden Filterstabilität nach DIN 4095 in allen Schichtlagen ggf. unter Verwendung von Mehrstufenfiltern und Filtervliesen wird hingewiesen.

Grundsätzlich wäre eine chemische und mechanische Dauerhaftigkeit und Beständigkeit sämtlicher Geotextil-Materialien sowohl während des Einbauvorganges als auch im späteren Zustand bei den vorliegenden Verhältnissen sicherzustellen, und es ist auch eine ausreichende chemische und mechanische Widerstandsfähigkeit des Materials gegenüber dem hochverdichteten Bodenaustausch unter Berücksichtigung von dessen Körnigkeit und ggf. Scharfkantigkeit zu gewährleisten. Der Qualitätsnachweis für das Geotextil sollte dabei von einem unabhängigen Prüfinstitut mittels Laborversuchen nach DIN 53857 erbracht werden. Schließlich wäre die Verankerungslänge des Geotextils statisch nachzuweisen unter Beachtung auch einer seitlichen Verbreiterung des Bodenaustauschkoffers von 45° gegen die Horizontale.

Alternativ zur vorgenannten Geotextil- oder Geogitterbewehrung könnte vorliegend zur Begrenzung der Bodenaustauschdicke und -kosten ggf. auch eine Bodenverbesserung mit Kalkzugabe z.B. im Einfräsverfahren in Frage kommen und ein wirtschaftliches Ausführungskonzept darstellen. Mit z.B. 3-5% Feinkalkzugabe könnten die Arbeiten in den bindigen bzw. bindig geprägten Deckböden auch bei begrenzten Niederschlagseinwirkungen dann oft noch fortgeführt werden, während anhaltende und stärkere Niederschläge jedoch auch im Fall einer solchen Bindemittelstabilisierung in den vorliegend stark wasserempfindlichen Gründungsböden eine Einstellung der Erdarbeiten zur Folge haben würden, welche dann erst bei besserer Witterung und nach ausreichendem Abtrocknen der Oberfläche wieder aufgenommen werden können. Wegen dieser ausgeprägten Wasserempfindlichkeit sollten die Gründungssohlen vorliegend deshalb grundsätzlich nur bei günstiger, niederschlagsarmer und frostfreier Witterung sowie im letzten Halbmeterbereich ausschließlich kurzzeitig und vor Kopf freigelegt werden, um solche baubedingten Aufweichungen und Entfestigungen weitestmöglich zu vermeiden. Andernfalls könnten die bindigen Verwitterungsböden bei ungünstiger Witterung vollständig aufweichen und entfestigt werden. Im Zuge der Bauausführung wäre zudem grundsätzlich auf ein stets ausreichendes Sohlgefälle zu achten, damit jegliche Oberflächen- und Sickerwasserzuläufe schnellstmöglich abgeführt und Aufweichungen der Oberflächen weitestmöglich begrenzt gehalten werden können.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Mit der vorstehenden beschriebenen Bindemittelstabilisierung könnte die Wasser- und Witterungsempfindlichkeit der Gründungsböden zwar etwas verbessert werden und der Fortgang der Bauarbeiten wäre etwas weniger von der Witterung abhängig. Darüber hinaus sind die vorliegend zu erwartenden Decklehme wie auch die stärker verlehnten Sandböden jedoch selbst bei normaler Witterung in der Regel nur mit leichtem Gerät befahrbar. Eine Befahrung mit schweren Baugeräten wie auch schwere LKW-Transporte dürften ohne eine besonders günstige Oberflächenabtrocknung oder ohne eine vorherige Untergrundstabilisierung in der Regel hingegen kaum möglich sein.

Nach der vorbeschriebenen Vorkopf-Freilegung der bindigen bzw. bindig geprägten Gründungsböden sind diese hinsichtlich örtlich abweichend aufgeweichter und entfestigter Bereiche sorgfältig zu überprüfen und soweit notwendig durch geeignetes Ersatzmaterial zu verbessern. Es wird darauf hingewiesen, dass die witterungsbedingten Entfestigungen hierbei naturgemäß auch vom nicht vorhersehbaren Witterungsverlauf während der Bauarbeiten sowie von der Einstellung bzw. Weiterführung der Bauarbeiten bei schlechtem Wetter abhängen und daher vorher keinesfalls gesichert und genau bestimmt werden können.

Hinzuweisen ist schließlich darauf, dass sich bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungskonzept Einsparungen auch dadurch ergeben, dass unterhalb des Bodenaustauschkoffers und unterhalb verbleibender Decklehme auch die unterlagernden und in den oberen Schichtlagen zunächst oftmals nur locker gelagerten Sande nicht ausgehoben und nicht nachverdichtet würden, d.h. beim vorliegend beschriebenen Ausführungskonzept würden unterhalb der Verkehrsflächen mithin grundsätzlich noch entsprechende Lockerzonen verbleiben. Dies ist allerdings grundsätzlich nur dann möglich, wenn die Gründungen nicht für nennenswerte dynamische Lasten und Erschütterungen ausgelegt werden müssen - unter solchen Lasteinwirkungen würden sich andernfalls nicht unerhebliche Kornumlagerungen und -einrüttlungen ergeben mit entsprechenden zusätzlichen Setzungen und Differenzsetzungen. Soweit solche dynamischen Lasteinflüsse und Erschütterungen z.B. durch zukünftige Spundwandrammungen vorliegend zu berücksichtigen wären, so müssten in diesem Fall sicherheitshalber auch die tieferen Lockerzonen noch entsprechend nachverdichtet und dazu z.B. eine großflächige Tiefenverdichtung z.B. mittels RSV-Säulen in Kauf genommen werden. Hinzuweisen bei Straßengründungen oberhalb von Locker- und Schwächezonen ist ferner auf nicht auszuschließende Setzungsdifferenzen entlang der im Allgemeinen weniger zusammendrückbaren Leitungsgrabenverfüllungen: Je nach den Anforderungen an die Setzungsarmut könnte zur Begrenzung von solchen Setzungsdifferenzen ggf. daher auch eine größere Austauschdicke für die Straßengründung zweckmäßig sein und entsprechend eingeplant werden.

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***4.3 Drainage- und Entwässerungsmaßnahmen**

Grundlage für die Planung der Entwässerungseinrichtung ist das „Merkblatt für die Entwässerung von Straßen“, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen. Weiterhin ist hinsichtlich der Planumsentwässerung auf Abschnitt 3.5 der ZTVE-StB hinzuweisen.

Die Vorflutverhältnisse und die erforderlichen Entwässerungsmaßnahmen oder Versickerungsmaßnahmen sind möglichst frühzeitig vor Beginn der Erdarbeiten auch im Benehmen mit den zuständigen Fachbehörden zu klären. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass Schicht- und Sickerwasser sowie Oberflächenwasser stets ungehindert abfließen können. Die Maßnahmen sind so auszuführen, dass die vorliegend zumeist wasser- und witterungsempfindlichen Böden nicht nachteilig durchfeuchtet und aufgeweicht werden. Die weiteren Einzelheiten hierzu wurden bereits ausführlich in den Abschnitten 3.3 und 4.1 sowie entsprechende Angaben zum Grundwasser in Abschnitt 3.3 dieser Stellungnahme erarbeitet.

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***5. Bautechnische Folgerungen Kanal- und Leitungsbau**

Bei den vorliegend festgestellten Untergrundverhältnissen können die Gründungssohlen für die Kanal- und Rohrleitungen - je nach deren Lage im Baufeld, je nach deren Einbindung in den Untergrund sowie je nach der örtlichen Konsistenz der Schluffe - entweder in den nur weich- bis steifkonsistenten Schluffböden oder auch in Schluffen mit steifer bis halbfester Konsistenz zu liegen kommen - und insbesondere bei einer tieferen Einbindung in den Untergrund und im südlichen Teil der Erschließungsmaßnahme dürften die Kanal- und Rohrleitungen darüber hinaus überwiegend auch in den dort erbohrten Tertiären Sandböden zu liegen kommen.

Für die Gründung der Kanal- und Rohrleitungen mit einer Sohle in den Tertiären Sanden dürften aufwendige Zusatzmaßnahmen wie z.B. ein Bodenaustausch üblicherweise nicht erforderlich werden und in der Regel bereits eine intensive Verdichtung der Sandaushubsohle ausreichen, sofern - analog wie beim Straßenbau - auch für den Kanal- und Leitungsbau tiefere Lockerzonen akzeptiert würden und unverbessert im Untergrund verbleiben sollen. Auf die bei solchen Bauteilgründungen oberhalb von Lockerzonen dann nicht mehr zulässigen nennenswerten dynamischen Lasten und Erschütterungen wurde bereits ausführlich in den Kapiteln 3.3 und 4.2 dieser Stellungnahme hingewiesen.

Nicht zu vermeiden sind entsprechende Zusatzmaßnahmen dagegen für die Gründung der Kanal- und Rohrleitungen mit einer Gründungssohle in den nur geringkonsistenten Decklehmen: In solchen Bereichen sollte zumindest für die Gründung der größerdurchmessrigen Kanalleitungen zweckmäßig ein vollständiger Austausch der nur weich- bis steifkonsistenten Gründungsböden (mit einem zu erwartenden Bodenaustausch z.B. an der Bohrstelle RKS 3 bis ca. 2,4 m unter GOK) berücksichtigt werden. Ein Teilbodenaustausch - analog wie für die in Kapitel 4.2 beschriebene Straßengründung - dürfte erfahrungsgemäß hingegen nur in Abschnitten mit zumindest steifen Gründungsböden in Frage kommen bzw. nur für kleinerdurchmessrige Rohre und Leitungen: Die mit einem solchen Teilbodenaustausch einhergehenden größeren Setzungen und Differenzsetzungen infolge der im tieferen Untergrund verbleibenden Schwächezonen müssten als Bestandteil einer insgesamt kostengünstigeren Bauausführung dazu jedoch vom Bauherrn entsprechend in Kauf genommen werden und dürften auf keinen Fall zu einer Beschädigung an den Leitungen und Rohren führen. Je nach der endgültigen Sohlage, den einzuhaltenden Setzungsanforderungen, den zu berücksichtigenden Belastungen, etc. wäre dies im Zuge der weiteren Planung ggf. noch mittels entsprechender Setzungsberechnungen zu untersuchen.

Der Bodenaustausch für die Kanal- und Leitungsgründungen sollte jeweils mit einer ausreichenden seitlichen Verbreiterung durchgeführt werden. Die Durchführung des Austausches und vor allem

Erschließung VPS-NBG Friedberg

die lagenweise ausreichende Verdichtung des Austauschmaterials sollte sorgfältig überwacht und dokumentiert werden. Weitere Einzelheiten zum Bodenaustausch und zur Bodenverdichtung werden im nachfolgenden Kapitel 7 dieses Gutachtens erarbeitet.

Weniger tiefe Baugrubenabschnitte mit nur 1,25 m Tiefe unter Gelände - sowie auch bis 1,75 m unter Gelände mit 50 cm Vorböschung - dürften den Ausführungen der DIN 4124 zufolge mit einem Böschungswinkel von max. 45° gegen die Horizontale noch ohne Verbaumaßnahmen angelegt werden. Für einen in der Regel tieferen Hauptkanal mitsamt den dazugehörigen Hausanschlüssen müssen die Baugruben in der Regel jedoch verbaut werden - dazu dürften sich vorliegend in erster Linie Verbautafeln empfehlen. Eine durchgreifende Begrenzung der Verformungen ermöglicht ein solcher mit Verbautafeln gesicherter Baugrubenverbau allerdings nicht: Im Fall von seitlich angrenzenden Baukörpern, Verkehrsflächen oder verformungsempfindlichen Rohrleitungen und Kanälen etc. müsste je nach Erfordernis deshalb auf einen verformungsärmeren Baugrubenverbau ausgewichen werden, um hiermit den Bestand gegen unzulässige Verformungen zu sichern.

Grundsätzlich sind die Empfehlungen der DIN 4033 wie auch die Verlegevorschriften des Rohrherstellers insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Rohrbettung zu beachten. Prinzipiell empfiehlt sich bei Rohrdurchmessern > DN 600 zur Lagesicherung und Gründungsvergleichmäßigung durchwegs die Ausführung eines Betonaufagers. Bei besonderen Anforderungen des Rohrherstellers wären diese mit entsprechenden zusätzlichen Maßnahmen zu berücksichtigen. Grundsätzlich wäre für die Rohrleitungsgründungen insbesondere im Fall von wechselnden Gründungsböden auf eine flexible Ausführung mit möglichst kurzen Rohrschüssen zu achten, damit die aus der Zusammendrückung unterschiedlich kompressibler Zonen entstehenden Setzungen und Setzungsdifferenzen in jedem Fall schadlos aufgenommen werden können. Im Zweifel würden sich vorherige Setzungsberechnungen empfehlen.

Im Zuge der Leitungsgrabenverfüllung ist sicherzustellen, dass das Bodenmaterial intensiv in eine dichte Lagerung und dazu nur jeweils in dünnen Schichtlagen sorgfältig eingebracht und lagenweise ausreichend verdichtet wird. Schließlich eignen sich zur Wiederverfüllung ausschließlich gut verdichtbare Böden wie z.B. weitgestufte Kiessande, wenn nicht später entsprechende Setzungen und Nachsackungen in Kauf genommen werden sollen. Im Übrigen kann auf die Empfehlungen des „Merkblattes für das Verfüllen von Leitungsgräben“ der Deutschen Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e.V., Köln 1979 insbesondere mit Hinblick auf die zu erreichenden Verdichtungsgrade D_{Pr} (Proctordichte) verwiesen werden.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

6. Bautechnische Folgerungen Wohnungsbau

Zur Gründung von unterkellerten Wohngebäuden könnten bei den vorliegend festgestellten Untergrund- und Grundwasserverhältnissen zweckmäßig zunächst jeweils Bodenplattengründungen in Betracht gezogen und hierzu z.B. nach einem Verfahren der elastischen Bettung bewehrte Bodenplatten dimensioniert werden. Hierfür ist für jedes Gebäude eine eigene Baugrunderkundung durchzuführen und ein entsprechendes Baugrund- und Gründungsgutachten zu erstellen. Nach Vorliegen der Ausführungsplanung mit den endgültigen Lasten und Bodenpressungen müssten für die weitere Bodenplattendimensionierung anschließend wie üblich entsprechende Setzungs- und Bettungsmodulberechnungen durchgeführt werden, so dass mit den so ermittelten Bettungsmodulen durch den Tragwerkplaner anschließend jeweils die genaue Plattenbemessung vorgenommen werden kann.

Hinzuweisen ist darauf, dass sich bei dem vorstehend beschriebenen Gründungskonzept Einsparungen dadurch ergeben, dass unterhalb der verdichteten Gründungssohle die tieferen z.T. nur locker gelagerten Sandböden nicht ausgehoben und nicht nachverdichtet würden, d.h. beim vorliegend beschriebenen Gründungskonzept würden unterhalb der Bodenplatten mithin Lockerzonen verbleiben. Ein solches Gründungskonzept kann allerdings nur dann in Betracht gezogen werden, wenn die Gründung nicht für nennenswerte dynamische Lasten ausgelegt werden muss. Unter solchen Lasteinwirkungen würden sich ansonsten nicht unerhebliche Kornumlagerungen und -einrüttlungen ergeben mit entsprechenden zusätzlichen Bauwerkssetzungen und Differenzsetzungen. Soweit solche Lasteinflüsse berücksichtigt werden müssen, wären mithin auch solche tiefer liegende Schwäche-zonen mit auszutauschen bzw. zu verdichten oder es wären anderweitige Zusatzmaßnahmen vorzusehen wie z.B. Tiefenverdichtungen mittels RSV-Säulen oder Bohrpfahlgründungen.

Wichtig bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen ist die Kontrolle der ausreichenden Gleichmäßigkeit und der ausreichenden Lagerungsdichte der Gründungsböden. Zur Festlegung des jeweils zweckmäßigen Gründungskonzeptes und des jeweils erforderlichen Bodenaushubs je nach den örtlichen Baugrundverhältnissen ist für jedes Gebäude daher eine eigene Baugrunderkundung durchzuführen. Im Zuge der Bauausführung sollten durch den Baugrundgutachter zudem jeweils die Aushub- und Gründungssohlen überprüft und abgenommen werden.

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***7. Ergänzende Hinweise zur Bauausführung**

Bei den Straßenbau- und Erdarbeiten sind die einschlägigen DIN-Vorschriften und insbesondere die derzeit gültige Ausgabe der „Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ ZTVE-Stb. zu beachten. Hierzu empfehlen wir auch den Kommentar zur ZTVE von Prof. Floss, erschienen im Kirschbaum-Verlag, Bonn-Bad Godesberg sowie die Veröffentlichungen der TU München, Zentrum Geotechnik auf deren Homepage. Auch sind die sonstigen Regelwerke für Straßen- und Erdbau zu beachten wie z.B. die RSTO. Im Übrigen sind bei allen Erd- und Gründungsarbeiten die einschlägigen Sicherheitsvorschriften, insbesondere diejenigen der Tiefbauberufsgenossenschaft und die Unfallverhütungsvorschriften (UVV) zu beachten.

Für die Planung und Durchführung der Erdarbeiten ist zu bedenken, dass die erforderliche Zufahrt für die Baugeräte sichergestellt wird. Gleiches gilt für den Abtransport des Aushubmaterials. Dazu ist eine geeignete Fahrtrasse vorzusehen, die je nach Witterung und örtlicher Deckbodenausbildung stabilisiert werden muss. Dies ist in der Ausschreibung ggf. mit zu berücksichtigen.

Im Weiteren sei nochmals auf die starke Wasser- und Frostempfindlichkeit der anstehenden bindigen bzw. durchwegs zumindest bindig geprägten Böden hingewiesen. Die Durchführung der Erdarbeiten in solchen Böden ist ausgesprochen schwierig und sollte nur solchen Firmen übertragen werden, welche vergleichbare Arbeiten erfolgreich ausgeführt haben und dies durch entsprechende Referenzbaustellen belegen können. Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der Deckböden sollte deren Freilegung in der technischen und terminlichen Vorplanung ausschließlich in kleinen Abschnitten und nur bei günstiger, niederschlagsarmer und frostfreier Witterung vorgesehen werden. Weiter sollten entsprechende witterungsbedingte Arbeitsunterbrechungen mit eingeplant werden. Beim Bauen in der kalten Jahreszeit ist auf eine ausreichende Frostschutzsicherung der frostempfindlichen Gründungsbereiche zu achten. Etwaige in den Gründungsbereichen aufgefrorene und entfestigte Böden wären vollständig auszuheben und gegen ein geeignetes Ersatzmaterial auszutauschen.

Sämtliche in den Gründungssohlen angetroffene unzureichend tragfähige Böden wie auch etwaig aufgeweichte, bau- oder verwitterungsbedingt entfestigte Böden sind vollständig auszutauschen und durch einen geeigneten hochverdichteten Ersatzboden zu ersetzen. Der Bodenaustausch ist in Lagen von nicht über 25 cm jeweils unter intensiver Verdichtung in dichte Lagerung und mit ausreichender seitlicher Verbreiterung vorzunehmen.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Die Verdichtungsarbeiten sind sorgfältig zu überwachen und mittels geeigneter Kontrollversuche zu überprüfen. Auf die notwendigen Dichtekontrollen nach DIN 18125 einschließlich Proctorversuche nach DIN 18127 wird hingewiesen.

Grundsätzlich ist in allen Schichtlagen und bei allen Drainage- und Wasserhaltungsmaßnahmen auf eine ausreichende Filterstabilität nach DIN 4095 ggf. unter Verwendung von Mehrstufenfiltern und Filtervliesen zu achten. Spezielle Hinweise zu Drainagemaßnahmen finden sich neben dem o.g. ZTVE-Kommentar auch im „Merkblatt für die Hinterfüllung von Bauwerken“ und im „Merkblatt für die Entwässerung von Straßen“, jeweils herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln e. V.

Im Weiteren ist bei allen Bauflächen auf ein stets ausreichendes Sohlgefälle zu achten, damit jegliche Oberflächen- und Sickerwasserzuläufe schnellstmöglich abgeführt und Aufweichungen der Oberflächen möglichst begrenzt gehalten werden können. Grundsätzlich ist die Baumaßnahme fortlaufend durch Kontrollbeobachtungen zu begleiten, um soweit erforderlich unverzüglich Maßnahmen zur Verhütung jeglicher Schäden ergreifen zu können. Insbesondere ist dabei auf das rechtzeitige Eingreifen bei ungünstigen Witterungseinflüssen zu achten, um unverhältnismäßig witterungs- und baubedingte Entfestigungen der Gründungsböden bzw. den nicht unerheblichen Bauaufwand zur Beseitigung solcher Einflüsse möglichst zu begrenzen.

Zum Aufbau einer Polsterschicht eignet sich grundsätzlich ein gut verdichtbares sowie frostsicheres und kornfilterstabiles Ersatzmaterial wie z.B. ein kornabgestufter Kiessand der Bodengruppe GW nach DIN 18196. Das Bodenaustauschmaterial sollte in Schüttlagen von < 0,3 m Dicke eingebracht und mindestens auf 100% der einfachen Proctordichte verdichtet werden. Bei der Durchführung von Verdichtungsarbeiten muss der Wasserspiegel zur effektiven Verdichtung der Böden auf mindestens 0,3 m unter die jeweilige Verdichtungssohle abgesenkt sein. Der ausreichende Verdichtungserfolg wäre mittels entsprechender Verdichtungskontrollen wie z.B. mit Rammsondierungen und statischen Plattendruckversuchen zu überprüfen.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschkoefers mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontale vorgenommen werden. Auf die erforderliche Kornfilterstabilität einer Polsterschicht zum unterlagernden Boden z.B. durch Anordnung eines kornfilterstabilen Geotextils in der Aushubsohle wird hingewiesen.

Erschließung VPS-NBG Friedberg

An nachbarlichen möglicherweise beeinträchtigten Bauwerken wird die Durchführung von Beweissicherungen empfohlen. Hierdurch können etwaige bestehende Bauwerksschäden bereits im Vorfeld der Baumaßnahme dokumentiert und etwaige Schadensersatzansprüche dem Verursacher eindeutiger zugeordnet bzw. abgewendet werden.

Im Zuge der Bauausführung wird eine sorgfältige und fortlaufende Überwachung der Bauarbeiten empfohlen, um etwaige unplanmäßige Entwicklungen oder Auswirkungen frühzeitig vorab erkennen und Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Unabhängig davon wird generell eine Dokumentation der sich einstellenden Setzungen bis zum Abklingen der Setzungen empfohlen.

*Erschließung VPS-NBG Friedberg***8. Schlussbemerkungen**

In der vorliegenden Gutachterlichen Stellungnahme wurden die bei der Bohr- und Sondiererkundung aufgeschlossenen Baugrundverhältnisse beschrieben und beurteilt. Ferner wurden die geologischen und bodenmechanischen sowie bautechnischen Klassifizierungen durchgeführt. Die zulässigen Tragfähigkeitswerte sowie die für erdstatische Berechnungen erforderlichen Bodenrechenwerte wurden erarbeitet. Darüber hinaus wurden die aus der Baugrunderkundung resultierenden bautechnischen Folgerungen für den Straßenbau und den Kanalbau dargelegt und es wurden allgemeine Vorschläge und Empfehlungen für die Gründung von Wohngebäuden gegeben.

Bei der Bauausführung wird eine sorgfältige und fortlaufende Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten mit Vergleich der angetroffenen Böden mit den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung empfohlen, da Abweichungen des Untergrundes zu den Untersuchungsstellen keinesfalls ausgeschlossen werden können. Zur genauen Festlegung des erforderlichen Bodenaustausches je nach Ausführungskonzept (mit oder ohne Geotextilbewehrung / Bindemittelstabilisierung) empfiehlt sich bei Beginn der Bauarbeiten weiterhin die Durchführung der beschriebenen Einbauversuche und anschließend eine fortlaufende Überprüfung der jeweils freigelegten Aushubsohlen. Zudem ist bei der Herstellung des Straßenunter- und Oberbaus wie auch bei den Kanalbauarbeiten grundsätzlich eine gutachterliche Überprüfung der Materialeignung und der ausreichenden Verdichtung des jeweils eingebauten Bodenmaterials zu empfehlen. Im Weiteren sollte unsere Geotechnische Ingenieurgesellschaft auch von allen wesentlichen die Gründung und Gründungsarbeiten betreffenden Planungsänderungen gegenüber dem Stand zur Zeit der Erstellung des Gutachtens verständigt werden, um die daraus aus geotechnischer Sicht erforderlichen Anpassungen vornehmen zu können.

In allen Zweifelsfällen bezüglich Untergrund und Gründung, zur Durchführung von etwaig noch gewünschten Setzungsberechnungen wie auch im Zuge der Bauausführung zur geotechnischen Kontrolle der Erd- und Gründungsarbeiten und zu etwaig noch erbetenen chemischen Analysen würde unsere Geotechnische Ingenieurgesellschaft jederzeit gerne zur Verfügung stehen.

Augsburg, den 28.08.2023



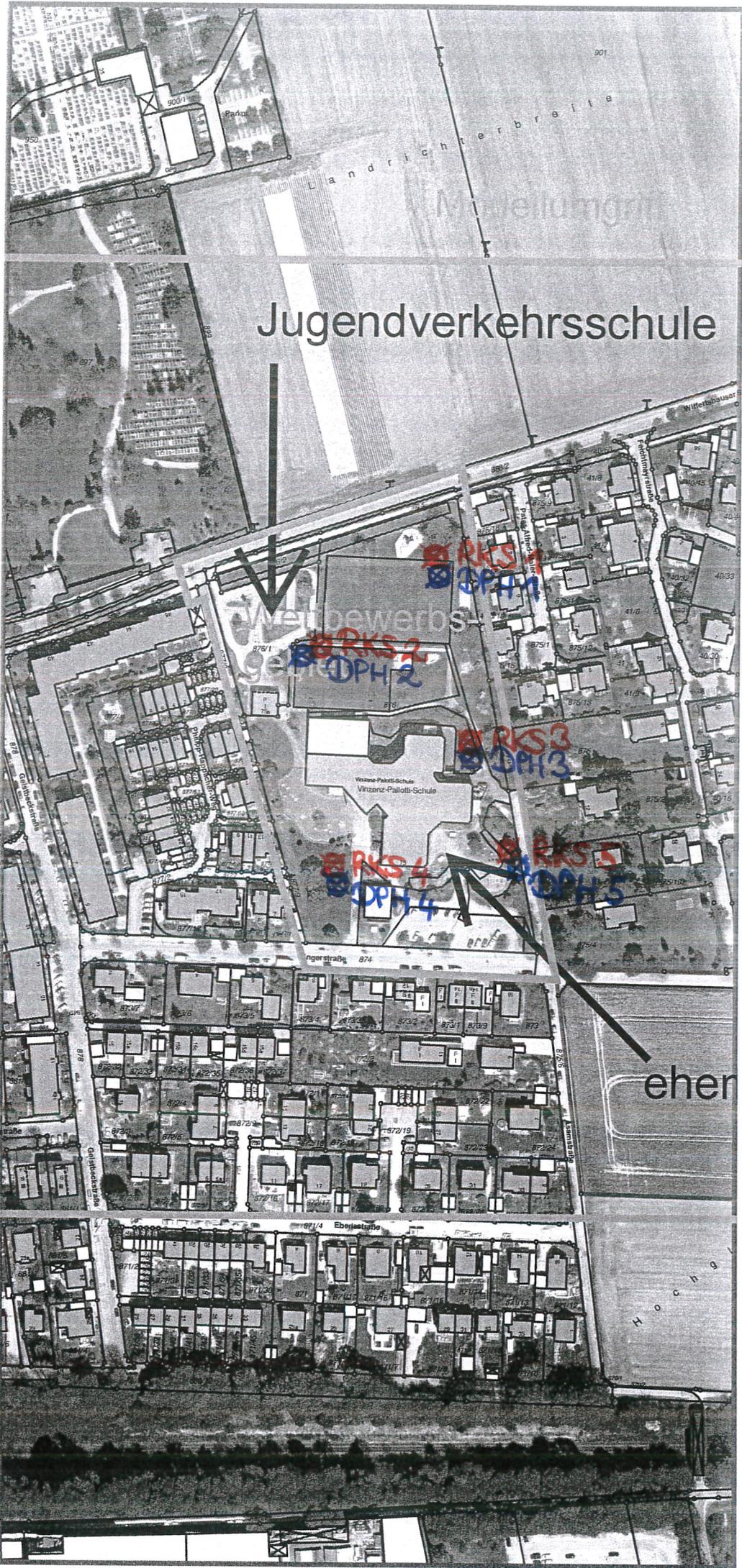
Dipl.-Ing. Henrik Gödecke



Dr.-Ing. Gödecke

Anlage 1

Lageplan mit Untersuchungspunkten



Jugendverkehrsschule

Wettbewerb

RKS 2
DPH 2

RKS 1
DPH 1

RKS 3
DPH 3

RKS 4
DPH 4

RKS 5
DPH 5

eher

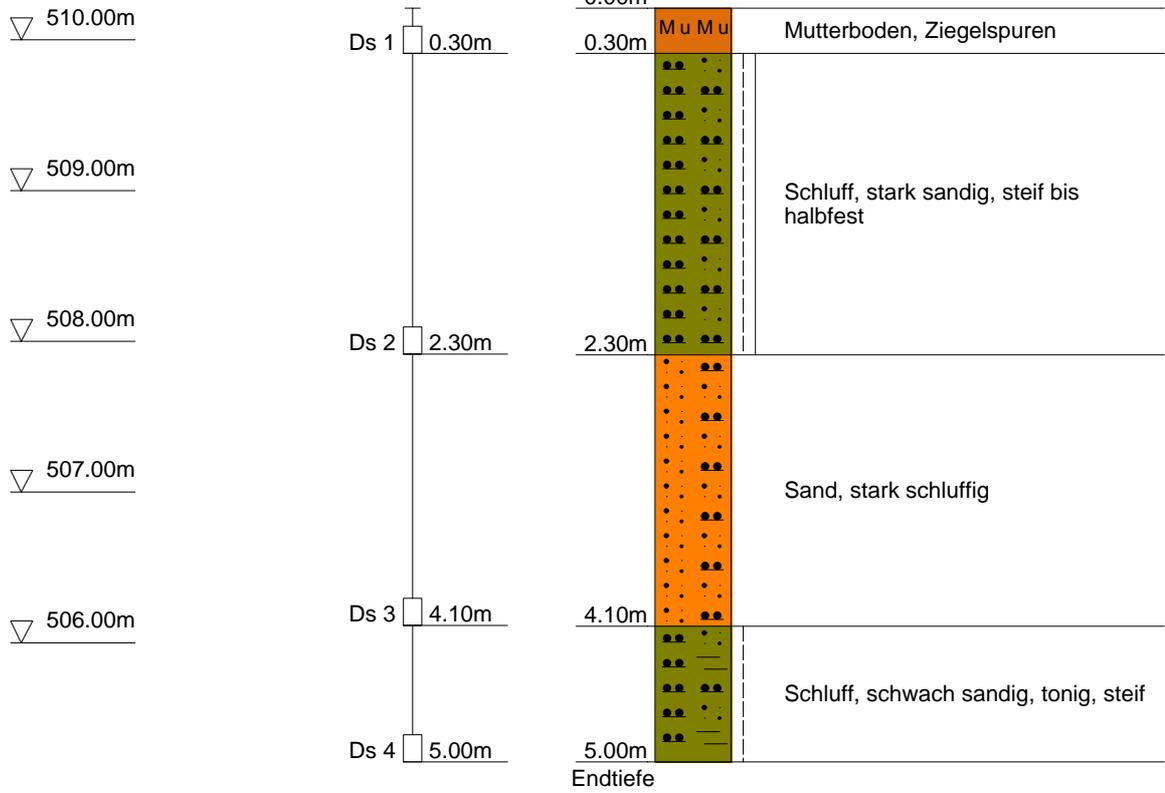
Anlage 2.1

Kleinbohrungen RKS 1-5

Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

RKS 1

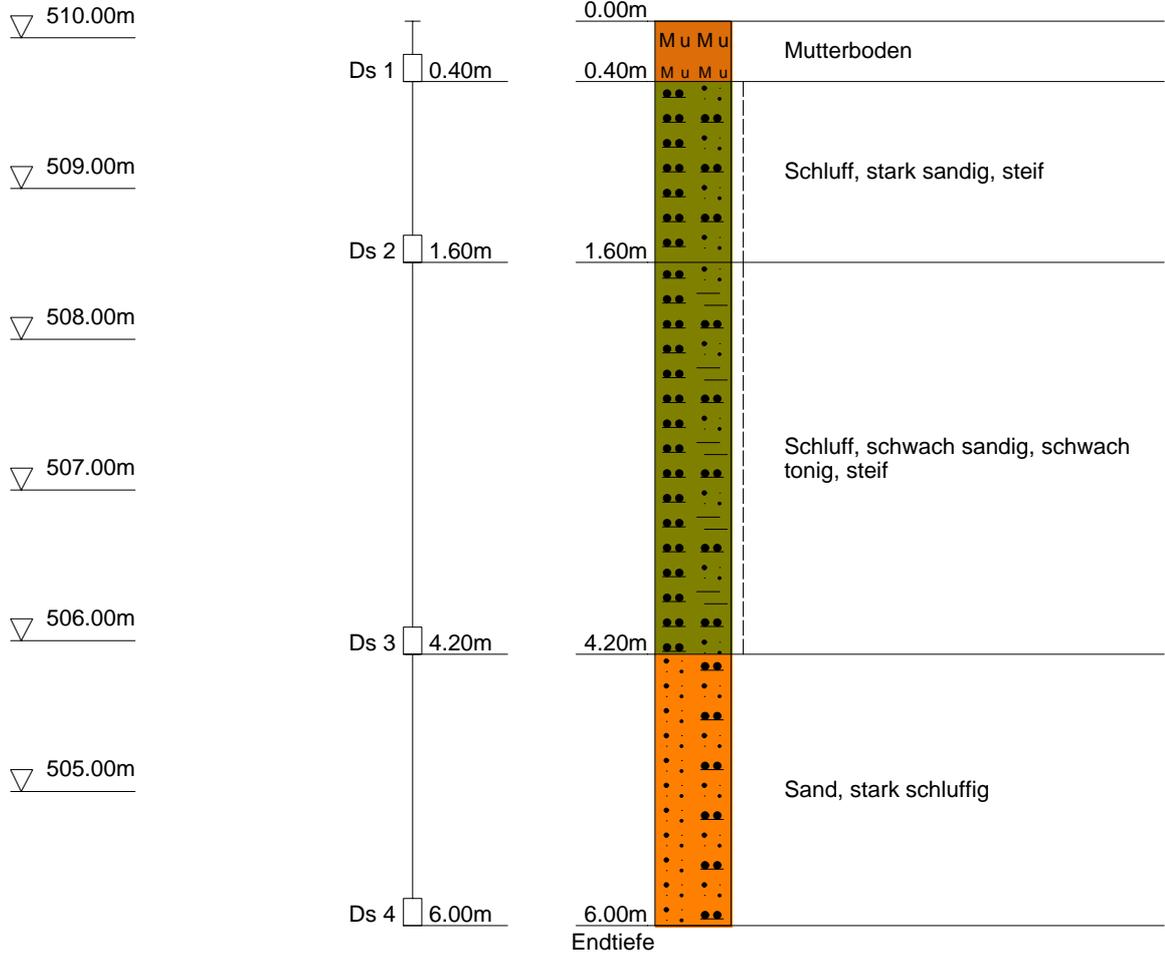
Ansatzpunkt: 510.21 mNN



Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

RKS 2

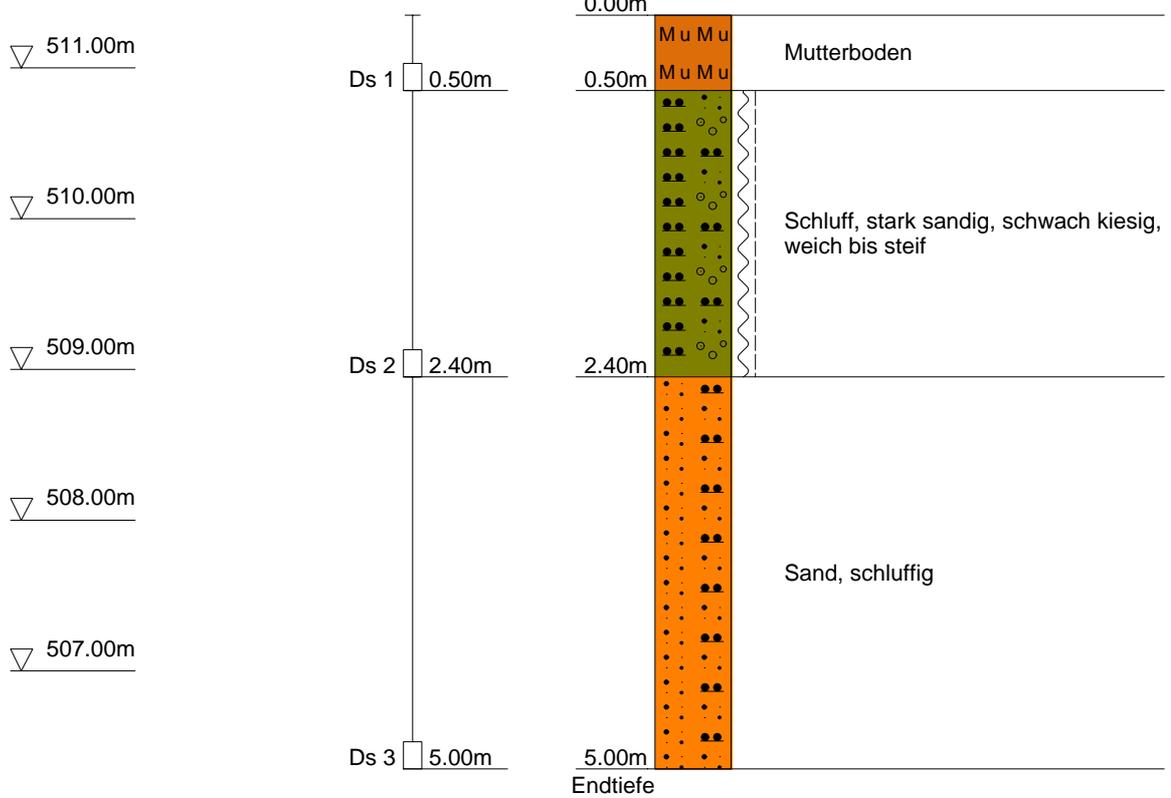
Ansatzpunkt: 510.11 mNN



Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

RKS 3

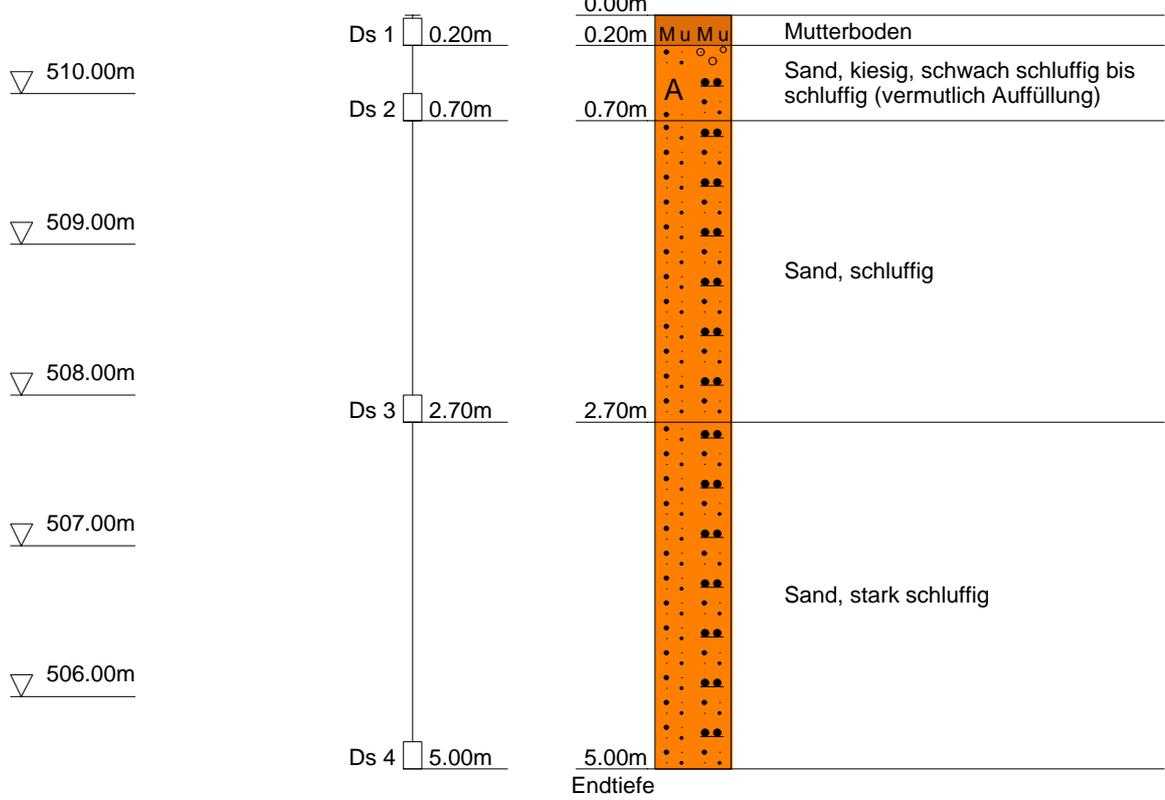
Ansatzpunkt: 511.35 mNN



Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

RKS 4

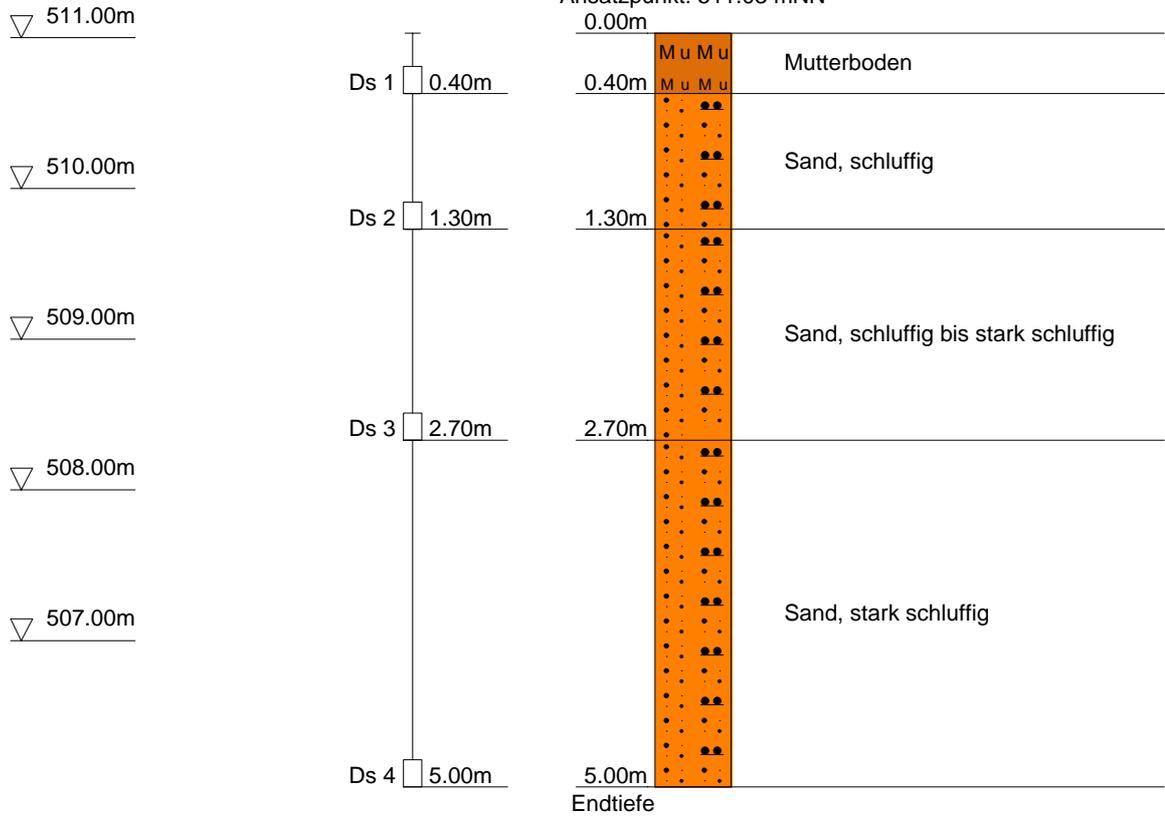
Ansatzpunkt: 510.52 mNN



Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

RKS 5

Ansatzpunkt: 511.03 mNN

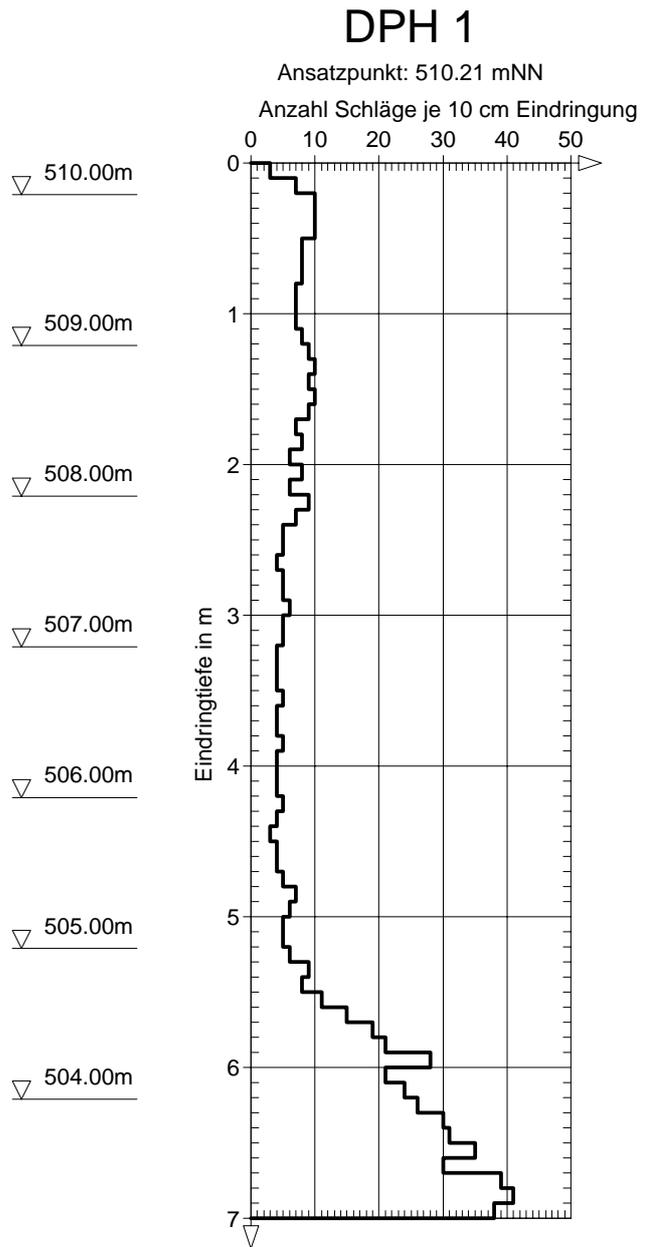


Anlage 2.2

Sondierprofile DPH 1-5

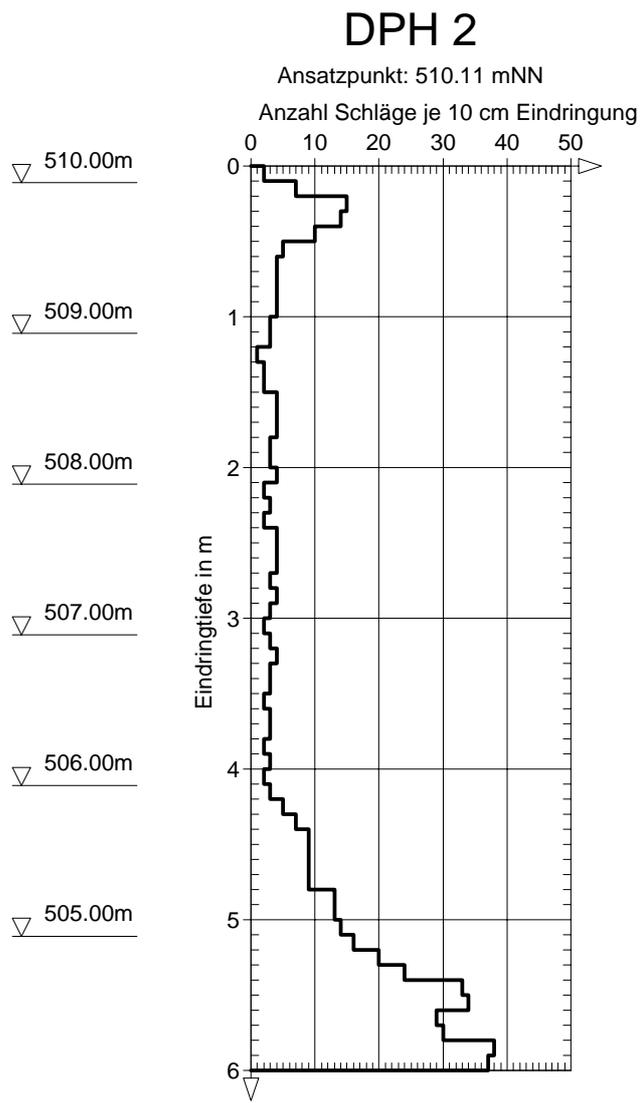
Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	3	6.10	21		
0.20	7	6.20	24		
0.30	10	6.30	26		
0.40	10	6.40	30		
0.50	10	6.50	31		
0.60	8	6.60	35		
0.70	8	6.70	30		
0.80	8	6.80	39		
0.90	7	6.90	41		
1.00	7	7.00	38		
1.10	7				
1.20	8				
1.30	9				
1.40	10				
1.50	9				
1.60	10				
1.70	9				
1.80	7				
1.90	8				
2.00	6				
2.10	8				
2.20	6				
2.30	9				
2.40	7				
2.50	5				
2.60	5				
2.70	4				
2.80	5				
2.90	5				
3.00	6				
3.10	5				
3.20	5				
3.30	4				
3.40	4				
3.50	4				
3.60	5				
3.70	4				
3.80	4				
3.90	5				
4.00	4				
4.10	4				
4.20	4				
4.30	5				
4.40	4				
4.50	3				
4.60	4				
4.70	4				
4.80	5				
4.90	7				
5.00	6				
5.10	5				
5.20	5				
5.30	6				
5.40	9				
5.50	8				
5.60	11				
5.70	15				
5.80	19				
5.90	21				
6.00	28				



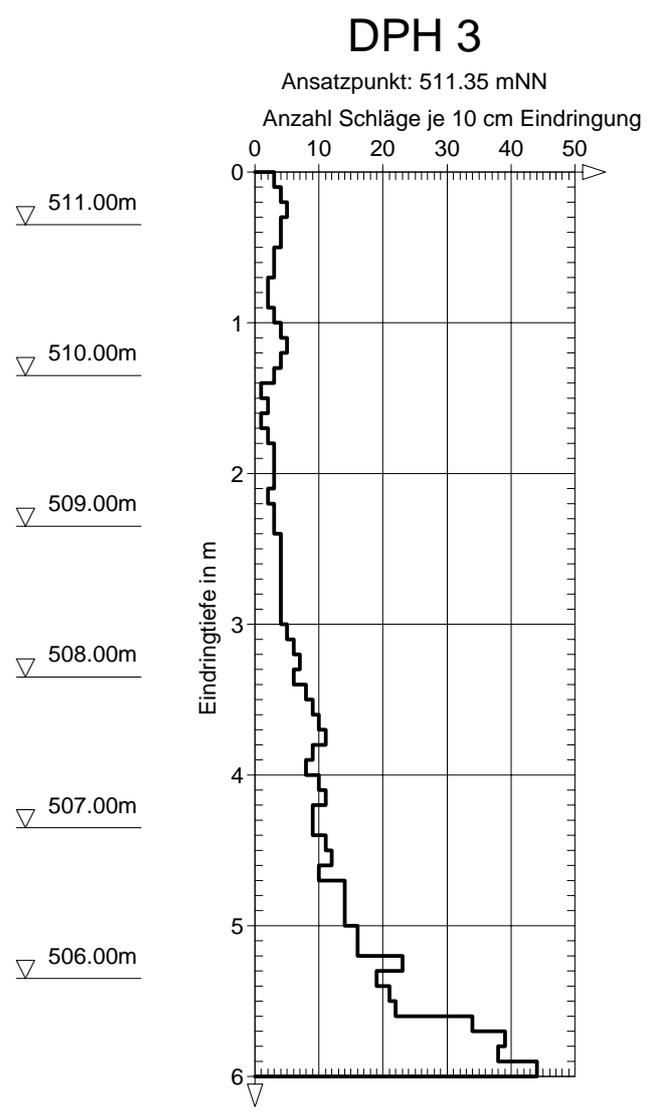
Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	2				
0.20	7				
0.30	15				
0.40	14				
0.50	10				
0.60	5				
0.70	4				
0.80	4				
0.90	4				
1.00	4				
1.10	3				
1.20	3				
1.30	1				
1.40	2				
1.50	2				
1.60	4				
1.70	4				
1.80	4				
1.90	3				
2.00	3				
2.10	4				
2.20	2				
2.30	3				
2.40	2				
2.50	4				
2.60	4				
2.70	4				
2.80	3				
2.90	4				
3.00	3				
3.10	2				
3.20	3				
3.30	4				
3.40	3				
3.50	3				
3.60	2				
3.70	3				
3.80	3				
3.90	2				
4.00	3				
4.10	2				
4.20	3				
4.30	5				
4.40	7				
4.50	9				
4.60	9				
4.70	9				
4.80	9				
4.90	13				
5.00	13				
5.10	14				
5.20	16				
5.30	20				
5.40	24				
5.50	33				
5.60	34				
5.70	29				
5.80	30				
5.90	38				
6.00	37				



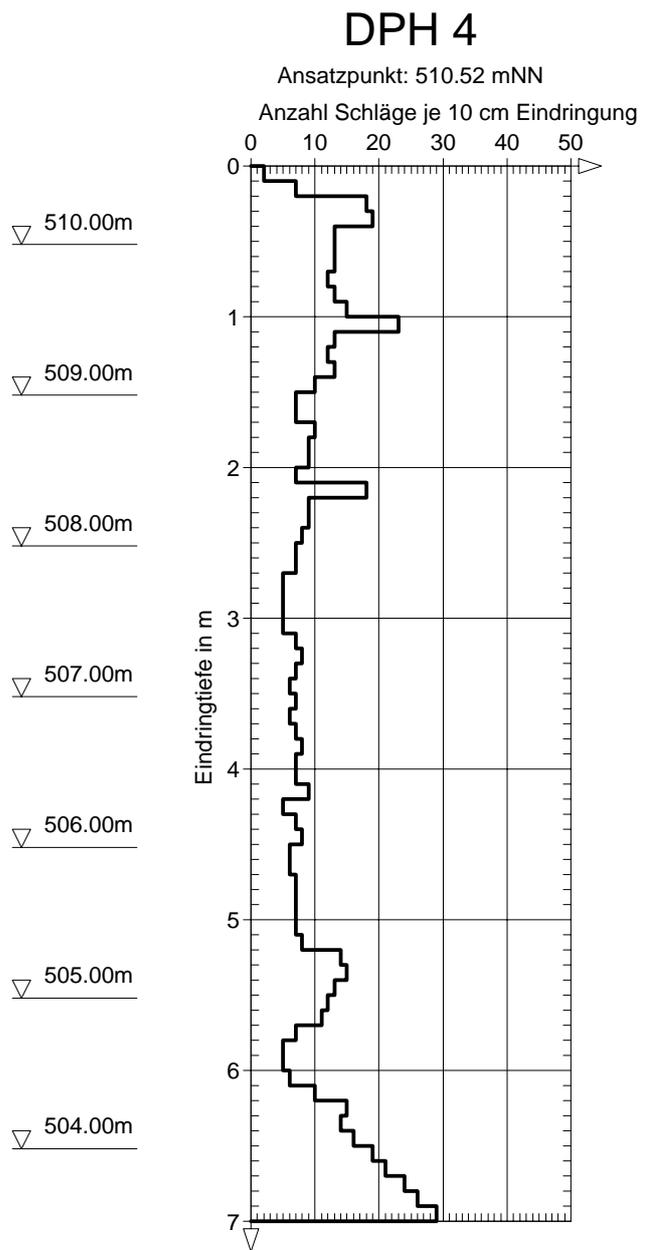
Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	3				
0.20	4				
0.30	5				
0.40	4				
0.50	4				
0.60	3				
0.70	3				
0.80	2				
0.90	2				
1.00	3				
1.10	4				
1.20	5				
1.30	4				
1.40	3				
1.50	1				
1.60	2				
1.70	1				
1.80	2				
1.90	3				
2.00	3				
2.10	3				
2.20	2				
2.30	3				
2.40	3				
2.50	4				
2.60	4				
2.70	4				
2.80	4				
2.90	4				
3.00	4				
3.10	5				
3.20	6				
3.30	7				
3.40	6				
3.50	8				
3.60	9				
3.70	10				
3.80	11				
3.90	9				
4.00	8				
4.10	10				
4.20	11				
4.30	9				
4.40	9				
4.50	11				
4.60	12				
4.70	10				
4.80	14				
4.90	14				
5.00	14				
5.10	16				
5.20	16				
5.30	23				
5.40	19				
5.50	21				
5.60	22				
5.70	34				
5.80	39				
5.90	38				
6.00	44				



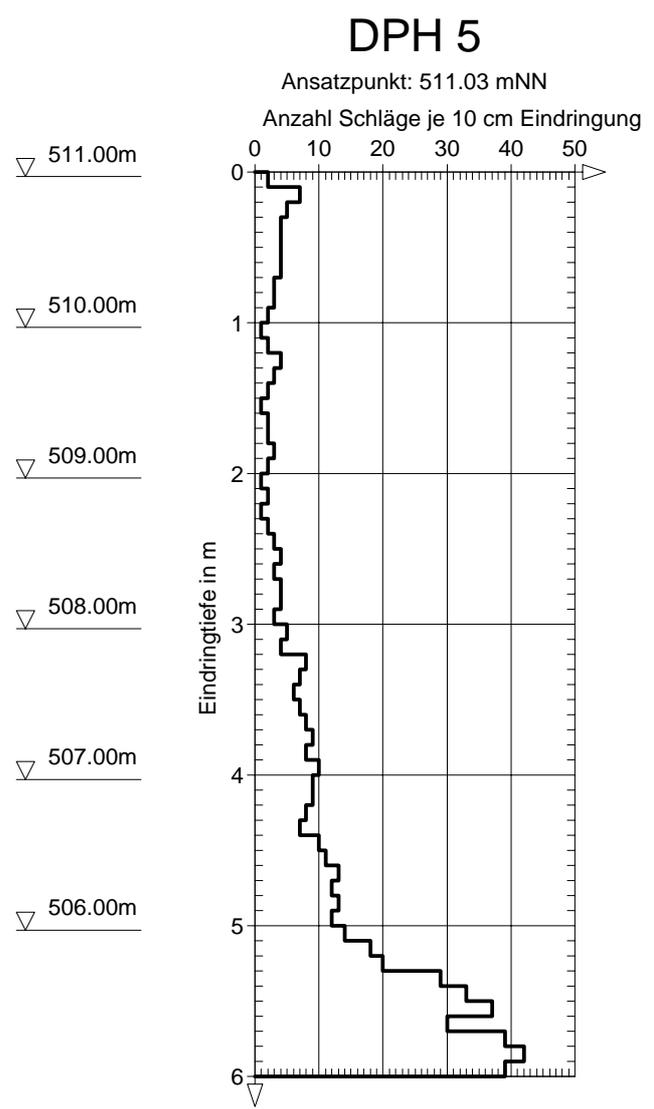
Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	2	6.10	6		
0.20	7	6.20	10		
0.30	18	6.30	15		
0.40	19	6.40	14		
0.50	13	6.50	16		
0.60	13	6.60	19		
0.70	13	6.70	21		
0.80	12	6.80	24		
0.90	13	6.90	26		
1.00	15	7.00	29		
1.10	23				
1.20	13				
1.30	12				
1.40	13				
1.50	10				
1.60	7				
1.70	7				
1.80	10				
1.90	9				
2.00	9				
2.10	7				
2.20	18				
2.30	9				
2.40	9				
2.50	8				
2.60	7				
2.70	7				
2.80	5				
2.90	5				
3.00	5				
3.10	5				
3.20	7				
3.30	8				
3.40	7				
3.50	6				
3.60	7				
3.70	6				
3.80	7				
3.90	8				
4.00	7				
4.10	7				
4.20	9				
4.30	5				
4.40	7				
4.50	8				
4.60	6				
4.70	6				
4.80	7				
4.90	7				
5.00	7				
5.10	7				
5.20	8				
5.30	14				
5.40	15				
5.50	13				
5.60	12				
5.70	11				
5.80	7				
5.90	5				
6.00	5				



Geotechnische Ing.-GmbH	Projekt : VPS-NBG Friedberg
Salzmannstr. 29/1	Projektnr.: B 2684.2306
D 86163 Augsburg	Datum : 12.07./13.07.2023
Tel 0821/26728-0 Fax 0821/26728-29	Maßstab : 1: 50

Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	2				
0.20	7				
0.30	5				
0.40	4				
0.50	4				
0.60	4				
0.70	4				
0.80	3				
0.90	3				
1.00	2				
1.10	1				
1.20	2				
1.30	4				
1.40	3				
1.50	2				
1.60	1				
1.70	2				
1.80	2				
1.90	3				
2.00	2				
2.10	1				
2.20	2				
2.30	1				
2.40	2				
2.50	3				
2.60	4				
2.70	3				
2.80	4				
2.90	4				
3.00	3				
3.10	5				
3.20	4				
3.30	8				
3.40	7				
3.50	6				
3.60	7				
3.70	8				
3.80	9				
3.90	8				
4.00	10				
4.10	9				
4.20	9				
4.30	8				
4.40	7				
4.50	10				
4.60	11				
4.70	13				
4.80	12				
4.90	13				
5.00	12				
5.10	14				
5.20	18				
5.30	20				
5.40	29				
5.50	33				
5.60	37				
5.70	30				
5.80	39				
5.90	42				
6.00	39				



Anlage 3

Chemische Analytik

GBA Analytical Services GmbH · Johann-Sebastian-Bach-Str. 40 · 85591 Vaterstetten

Geotechnische Ing. Gesellschaft Prof. Dr. Schuler
Dr.-Ing. Gödecke mbH
Herr Gödecke



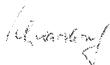
Salzmannstr. 29/1

86163 Augsburg

Prüfbericht-Nr.: 2023PV06444 / 1

Auftraggeber	Geotechnische Ing. Gesellschaft Prof. Dr. Schuler Dr.-Ing. Gödecke mbH
Eingangsdatum	04.08.2023
Projekt	VPS-NBG Friedberg
Material	Boden
Auftrag	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
Verpackung	PE-Eimer
Probenmenge	ca. 5 kg
unsere Auftragsnummer	23V03835
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	Kurier (GO)
Labor	GBA Analytical Services GmbH
Analysenbeginn / -ende	04.08.2023 - 25.08.2023
Bemerkung	keine
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Vaterstetten, 25.08.2023



i. A. Dr. B. Schwarzkopf
Projektbearbeitung / Kundenbetreuung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch ein Probenehmer eines der zur GBA Group gehörigen Unternehmen oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung des ausstellenden Unternehmens darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht oder auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln sind in den AGBs auf der

Seite 1 von 4 zu Prüfbericht-Nr.: 2023PV06444 / 1

GBA Analytical Services GmbH
Johann-Sebastian-Bach-Str. 40
85591 Vaterstetten
Telefon +49 (0)8106 2460-0
E-Mail vaterstetten@gba-group.de
www.gba-group.com

HypoVereinsbank
IBAN DE71 7002 0270 0002 4296 83
SWIFT BIC HYVEDEMMXXX

Sitz der Gesellschaft:
Vaterstetten
Handelsregister:
München HRB 93447
USt-Id.Nr. DE 129 360 902
St.-Nr. 114/127/60117

Geschäftsführer:
Dr. Matthias Kleih

Prüfbericht-Nr.: 2023PV06444 / 1

VPS-NBG Friedberg

unsere Auftragsnummer		23V03835
Probe-Nummer		001
Material		Boden
Probenbezeichnung		MP "Decklehm"
Probemenge		ca. 5 kg
Probeneingang		04.08.2023
Analysenergebnisse	Einheit	
Abtrennung <2mm-Fraktion		ja
Fraktion < 2 mm	Masse-%	84,7
Trockenrückstand	Masse-%	90,1
EOX	mg/kg TM	<0,60
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TM	<50
Cyanid ges.	mg/kg TM	<0,70
Naphthalin	mg/kg TM	<0,010
Acenaphthen	mg/kg TM	<0,010
Acenaphthylen	mg/kg TM	<0,010
Fluoren	mg/kg TM	<0,010
Phenanthren	mg/kg TM	<0,010
Anthracen	mg/kg TM	<0,010
Fluoranthren	mg/kg TM	<0,010
Pyren	mg/kg TM	<0,010
Benz(a)anthracen	mg/kg TM	<0,010
Chrysen	mg/kg TM	<0,010
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TM	<0,010
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TM	<0,010
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	<0,010
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TM	<0,010
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TM	<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TM	<0,010
Summe PAK (16)	mg/kg TM	n.n.
PCB 28	mg/kg TM	<0,0010
PCB 52	mg/kg TM	<0,0010
PCB 101	mg/kg TM	<0,0010
PCB 118	mg/kg TM	<0,0010
PCB 138	mg/kg TM	<0,0010
PCB 153	mg/kg TM	<0,0010
PCB 180	mg/kg TM	<0,0010
Summe PCB (7)	mg/kg TM	n.n.
PCB Summe 6 Kongenere	mg/kg TM	n.n.
Aufschluss mit Königswasser		
Arsen	mg/kg TM	11
Blei	mg/kg TM	11
Cadmium	mg/kg TM	<0,30
Chrom ges.	mg/kg TM	27
Kupfer	mg/kg TM	15
Nickel	mg/kg TM	22
Quecksilber	mg/kg TM	<0,050
Zink	mg/kg TM	41
Eluat 10:1		
Leitfähigkeit	µS/cm	44
pH-Wert		7,5
Chlorid	mg/L	<0,50
Sulfat	mg/L	1,5

unsere Auftragsnummer		23V03835
Probe-Nummer		001
Material		Boden
Probenbezeichnung		MP "Decklehm"
Probemenge		ca. 5 kg
Probeneingang		04.08.2023
Cyanid ges.	µg/L	<5,0
Phenolindex	µg/L	<6,0
Arsen	µg/L	<5,0
Blei	µg/L	<1,0
Cadmium	µg/L	<0,40
Chrom ges.	µg/L	<2,0
Kupfer	µg/L	<15
Nickel	µg/L	<3,0
Quecksilber	µg/L	<0,20
Zink	µg/L	<30

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Angewandte Verfahren

Parameter	BG	Einheit	Methode
Abtrennung <2mm-Fraktion			DIN 19747: 2009-07 ^a 54
Fraktion < 2 mm	0,50	Masse-%	
Trockenrückstand	0,10	Masse-%	DIN ISO 11465: 1996-12 ^a 54
EOX	0,60	mg/kg TM	DIN 38414-17: 2017-01 ^a 54
Kohlenwasserstoffe	50	mg/kg TM	DIN EN 14039: 2005-01 i.V.m. LAGA KW/04: 2019-09 ^a 54
Cyanid ges.	0,70	mg/kg TM	DIN ISO 17380: 2013-10 ^a 54
Naphthalin	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Acenaphthen	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Acenaphthylen	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Fluoren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Phenanthren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Anthracen	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Fluoranthren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Pyren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Benz(a)anthracen	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Chrysen	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Benzo(b)fluoranthren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Benzo(k)fluoranthren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Benzo(a)pyren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Dibenz(a,h)anthracen	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Benzo(g,h,i)perylene	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,010	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
Summe PAK (16)		mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 54
PCB 28	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
PCB 52	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
PCB 101	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
PCB 118	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
PCB 138	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54

Prüfbericht-Nr.: 2023PV06444 / 1

Parameter	BG	Einheit	Methode
PCB 153	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
PCB 180	0,0010	mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
Summe PCB (7)		mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
PCB Summe 6 Kongenere		mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a 54
Aufschluss mit Königswasser			DIN EN 13657: 2003-01 ^a 54
Arsen	1,5	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Blei	3,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Cadmium	0,30	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Chrom ges.	2,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Kupfer	2,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Nickel	2,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Quecksilber	0,050	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Zink	2,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Eluat 10:1			DIN EN 12457-4: 2003-01 ^a 54
Leitfähigkeit	20	µS/cm	DIN EN 27888: 1993-11 ^a 54
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a 54
Chlorid	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 54
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 54
Cyanid ges.	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 ^a 54
Phenolindex	6,0	µg/L	DIN EN ISO 14402: 1999-12 ^a 54
Arsen	5,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Blei	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Cadmium	0,40	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Chrom ges.	2,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Kupfer	15	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Nickel	3,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Quecksilber	0,20	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54
Zink	30	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 54

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: 54GBA Analytical Services GmbH

Anlage 4

Charakteristische Bodenrechenwerte

CHARAKTERISTISCHE BODENRECHENWERTE

Anlage 3

B 2684.2306

Erschließung VPS-NBG Friedberg

Schicht/ Bodenart	Wichten		Scherfestigkeitsparameter				Steifemodul
	über Wasser	unter Wasser	Anfangszustand (Totalspannung)		Endzustand (Effektivspannung)		Es
	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	Kohäsion c_u kN/m ²	Reib.-Winkel φ_u °	Kohäsion c' kN/m ²	Reib.-Winkel φ' °	
Auffüllungen Kiese / Sande, ± schluffig, oft locker zumeist	18 - 22 19	9 - 13 10	0 - 5 0	25 - 35 *	0 0	25 - 35 *	10 ⁺ - 100 *
Tertiäre Schluffe, ± sandig bei weich-steifer Konsistenz zumeist	18 - 20 19	8 - 10 9	0 - 30 15	0 - 5 2,5	0 - 5 2,5	15 - 22,5 17,5	2 - 7 *
steif bis halbfest zumeist	19 - 21 20	9 - 11 10	10 - 50 25	0 - 10 5,0	0 - 10 5	17,5 - 25 20	5 - 10 7,5
halbfest bis fest (nicht aufgeschlossen) zumeist	20 - 22 21	10 - 12 11	20 - 70 40	0 - 15 7,5	0 - 20 10	20 - 27,5 22,5	10 - 30 20
Tertiäre Sande, ± schluffig bei lockerer Lagerung zumeist	18 - 20 19	9 - 11 10	0 0	22,5 - 27,5 25	0 0	22,5 - 27,5 25	15 ⁺ - 45 *
ab mitteldichter Lagerung zumeist	19 - 21 20	10 - 12 11	0 - 5 0	27,5 - 32,5 30	0 - 5 0	27,5 - 32,5 30	35 - 95 60

*Je nach örtlicher Lagerung, Konsistenz und Zusammensetzung

+ unter dynamischen Lasten und Wechsellasten können Lockerzonen eingerüttelt werden und nicht unerhebliche zusätzliche Setzungen verursachen