GEO MECHNIG

Baugrunduntersuchung

BV Baugebiet Birkenstraße West
- Ostteil Tiefgaragen, Flur-Nr. 1172 -
82377 Penzberg

2. BERICHT
mit Änderungen/ Anpassung an Gründungssohlhöhen Stand 26.02.2020

Auftraggeber: Stadt Penzberg
Stadtbauamt
Karlstraße 25
82377 Penzberg

Auftragnehmer: GEOMECHNIG
Ingenieur- und Planungsbüro
Dipl.-Geol. Clemens Mechnig
Industriestraße 23
86919 Utting

GEO MECHNIG
Dipl.-Geol. Clemens Mechnig
Industriestr. 23
86919 Utting

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Clemens Mechnig

Datum: 04.03.2020

INHALT

1. Vorbemerkungen, Veranlassung 4
2. Durchgeführte Maßnahmen 6
2.1 Schwere Rammsondierungen 6
2.2 Kleinrammbohrungen und Schürfe 7
2.3 Bodenmechanische Laborversuche 8
3. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse 8
3.1 Allgemeines 8
3.2 Schichtprofilbeschreibung 9
4. Ergebnisse und Bewertung der Untersuchungen 12
4.1 Schichtprofilbeschreibung, Homogenbereiche 12
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen, Lagerungsdichte 13
4.3 Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche 14
4.4 Bodenklassifizierung und Homogenbereiche 17
4.5 Wasserdurchlässigkeiten 19
4.6 Bodenkennwerte und Homogenbereiche 20
5. Tragfähigkeit, Gründungsvorschläge mit Hinweisen zur Bauausführung 21
5.1 Tragfähigkeit 21
5.2 Gründungsvorschläge Gebäude 22
5.2.1 Flächenfundament (Plattengründung) 22
5.2.2 Auftriebssicherheit 24
5.2.3 Pfähle; Angabe von charakteristischen Mantelreibungs- und Pfahlspitzendruckspannungen 25
5.3 Gründung von Verkehrswegen und PKW-Stellplätzen 26
5.4 Unterirdische Leitungen und Schächte 26
6. Bauwerksabdichtung 27
7. Baugrubenböschungen und Wasserhaltung 27
8. Niederschlagswasserversickerung 29
9. Erdbebenzone 29
10. Erdbauarbeiten, Wiederverwendung von Erdaushub 29
10.1 Erdaushub und Tiefgaragen-Hinterfüllung 29
10.2 Entsorgung und Wiederverwendung von Erdaushub 30
10.3 Verwendung von RC-Baustoffen 32
11. Kampfmittel 32

ANLAGEN

1.0 Lageplan Aufschlusspunkte
1.1 Lageplan prognostizierte Homogenbereiche in geplanter Gründungstiefe UG/ TG
1.2 Lageplan mit Profilliniendarstellung
1.3 Querschnitt Ost (Spange B) E-E‘ Bodenprofile
1.4 Querschnitt West (Spange A) F‘-F Bodenprofile

2 Feldarbeiten
Bohrprofile Kleinrammbohrungen (RKS), Baggerschürfe (S)
und Diagramme Schwere Rammsondierungen (DPH)

3 Laborprüfberichte Korngrößenverteilung, Zustandsgrenzenbestimmung, Scherversuche
(Bodenmechanisches Labor GHB-Consult)

1. Vorbemerkungen, Veranlassung

Die Stadt Penzberg beabsichtigt, auf dem Flurstück Nr. 1172 westlich der Birkenstraße und südlich der Wölflstraße in Penzberg den Bau von sieben Mehrfamilienwohnbaukomplexen mit zugehörigen Tiefgaragen. Hierzu sowie zum östlichen Teil des Bebauungsplangebietes wurde von uns im Auftrag der Stadt Penzberg bereits im Jahr 2016 eine orientierende Baugrunduntersuchung durchgeführt (GEOMECHNIG-Bericht vom 16.08.2019). Auf Grund der inhomogenen Baugrundverhältnisse, der leichten Hanglage und auf Grund der geplanten relativ großflächigen Baugruben wurden im Rahmen der weiteren Planungen ergänzend detailliertere Untersuchungen mit verdichtetem Untersuchungsraster durchgeführt. Das Untersuchungsgelände umfasst eine Fläche von ca. 15.200 m².

Die im Herbst 2019 durchgeführten Baugrunduntersuchungen sollten die Aussagen der Untersuchungen von 2016 präzisieren und insbesondere Aufschluss über die Gründungsverhältnisse in den einzelnen Gründungssohlen der 7 Gebäudekomplexe sowie nähere Angaben über notwendige Verbaumaßnahmen und mögliche Schichtwasserzutritte liefern. Die Ergebnisse sind im GEOMECHNIG-Bericht vom 21.12.2019 dokumentiert. Zwischenzeitlich ergaben sich Planungsänderungen v.a. hinsichtlich der Gründungshöhen, weshalb eine Überarbeitung der gutachterlichen Bewertung der Baugrundverhältnisse in den neuen Gründungssohlebenen notwendig wurde. Diese sind im vorliegenden Bericht eingearbeitet. Es ergeben sich auch geänderte Pläne und Schnitte in den Anlagen. Der vorliegende 2. Bericht ersetzt den GEOMECHNIG-Bericht vom 21.12.2019.

Die Grundrisse der geplanten Gebäude sind im Lageplan Anlage 1.0 und 1.1 ersichtlich. Die Bezeichnung der Gebäudekomplexe wurde im 2. Bericht der Bezeichnung von H2M-Architekten angepasst.

Details zu den geplanten Bebauungen sowie der Lage und Anordnung der Zufahrtsstraßen und Wege sind dem Bebauungsplan sowie dem Lageplan in Anlage 1 zu entnehmen.

Das zu bebauende Grundstück liegt in aufgelockertem Siedlungsumfeld im Norden Penzbergs, westlich des Ortsteils Wölfl. Es grenzt im Norden an die Wölflstraße mit dem weiter nördlich anschließenden Waldgebiet des Nonnenwaldes, im Osten an die Birkenstraße, im Süden an Wohnbebauung und im Westen an das westliche Bebauungsplangebiet (derzeit Erschließungsbaustelle).

Das gerodete Gelände ist im nördlichen Teil derzeit von BE-Einrichtungen und Lagerflächen für Erdaushub der benachbarten Erschließungsbaustelle versehen. Der südliche Teil besteht aus wildem Grasbewuchs (ehemaliger Waldboden). Es besteht eine nach Südwesten gerichtete Hanglage. Das Gelände wurde ursprünglich südwestlicher Richtung zum Säubachgraben im Südwesten des Bebauungsgebietes hin entwässert.

Das Ingenieur- und Planungsbüro GEOMECHNIG, Schondorf am Ammersee, wurde von der Stadt Penzberg am 23.10.2019 mit den erforderlichen ergänzenden Untersuchungen beauftragt.

Das beauftragte Gutachten umfasst die Dokumentation und Zusammenstellung der Ergebnisse der Feldarbeiten, Laborversuche sowie allgemein zugänglicher geologischer Daten unter Angabe von:

- Bodenarten nach DIN 4022, DIN EN ISO 14688-1
- Bodenklassen nach DIN 18319
- Bodengruppen nach DIN 18196
- Homogenbereichen nach ATV DIN 18300 (August 2015)
- Bodenkennwerten (Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Steifemodul, Durchlässigkeit)
- Tragfähigkeit

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt unter Berücksichtigung der hierfür gültigen Normen und gutachterlichen Erfahrungen und wird durchgeführt in Bezug auf:

- die Geologische Schichtenfolge
- die Grundwassersituation
- die Gründung von Bauwerken
- die Versickerungsfähigkeit des Untergrunds
- die Baugrubensicherung und die Wasserhaltung
- die Abdichtung von Bauwerken
- die Erdbebenzone
- orientierende Angaben zur Entsorgung von Erdaushub

Soweit sinnvoll und zutreffend, werden die Einzelergebnisse der Baugrunduntersuchungen von 2016 bei der Gesamtbewertung ergänzend mit berücksichtigt. Insbesondere sind dies die Bodenaufschlüsse und Proben aus RKS 3A (2016) und RKS 12A (2016). Ferner werden die Ergebnisse der im Rahmen der Hydrogeologischen Standortuntersuchung im August 2019 von uns durchgeführten Bohrungen DN 180 bei der Auswertung berücksichtigt.

Die Untersuchungsfläche mit dem geplanten Bauvorhaben ist nach unserer Auffassung der geotechnischen Kategorie 2 nach DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke zuzuordnen.

Die Bodenaufschlusspunkte wurden mittels GNSS-Gerät eingemessen (Gauß-Krüger-Koordinaten) und Höhensystem DHHN2016). Die Messdaten sind im Lageplan Anlage 1 verzeichnet.

2. Durchgeführte Maßnahmen

2.1 Schwere Rammsondierungen

Zur Feststellung der Lagerungsdichten bzw. der Konsistenz des Untergrundes und damit zur Feststellung seiner Tragfähigkeit wurden 23 Schwere Rammsondierungen (DPH, deap probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 (alt: DIN 4094) niedergebracht. Die Geländearbeiten fanden im Zeitraum vom 17.10.2019 bis 24.10.2019 statt.

Tab. 1: Ansatzpunkte der Schweren Rammsondierungen (DPH)

Rammsondierung Nummer	Geländehöhe m NHN	Rechtswert	Hochwert	Endtiefe (m unter GOK)
DPH 1	611,31	4452 859.38	5291 847.55	7,00
DPH 2	612,28	4452 914.67	5291 850.10	3,70
DPH 3	610,89	4452 916.95	5291 826.15	2,50
DPH 4	609,48	4452 820.16	5291 843.85	5,40
DPH 5	610,20	4452 916.91	5291 816.34	4,90
DPH 6	607,62	4452 919.21	5291 791.39	3,80
DPH 7	606,91	4452 920.26	5291 783.21	4,80
DPH 8	604,84	4452 921.06	5291 759.19	3,90
DPH 9	606,22	4452 879.91	5291 766.88	4,90
DPH 10	605,26	4452 877.00	5291 754.89	3,50
DPH 11	604,22	4452 863.94	5291 744.08	3,80
DPH 12	603,61	4452 904.24	5291 744.39	7,00
DPH 13	601,69	4452 829.35	5291 710.75	3,30
DPH 14	609,42	4452 849.94	5291 820.56	6,70
DPH 15	606,92	4452 877.60	5291 814.58	3,20
DPH 16	602,04	4452 891.73	5291 718.77	4,90
DPH 17	602,86	4452 830.26	5291 734.58	3,80
DPH 18	603,83	4452 838.48	5291 745.94	3,50
DPH 19	605,16	4452 827.09	5291 769.91	3,60
DPH 20	605,60	4452 825.00	5291 779.79	3,70
DPH 21	607,23	4452 820.80	5291 804.58	5,30
DPH 22	607,95	4452 820.28	5291 816.96	5,30
DPH 23	607,86	4452 877.67	5291 786.52	4,40

2.2 Kleinrammbohrungen und Schürfe

Zur Bestimmung der anstehenden Bodenarten und zur Entnahme von Bodenproben wurden 13 Kleinrammbohrung mit Bohrdurchmesser80-50 mm bis zum mit dem angewendeten Kleinrammbohrverfahren nicht mehr bohrbaren festen Untergrund, abgeteuft. Die erreichten Bohrtiefen sind in der nachstehenden Tabelle dargestellt. An sieben Untersuchungsstellen wurden statt der Kleinrammbohrungen Baggerschürfe erstellt. An allen Bodenaufschlüssen wurden auch DPHs durchgeführt (siehe Kap. 2.1).

Ferner wurden die älteren RKS 3 (nunmehr = RKS 3A) und RKS 12 (nunmehr =RKS 12A) aus der Untersuchungskampagne 2016 mit aufgenommen und ausgewertet. Diese sind nicht zu verwechseln mit RKS 3 und RKS 12 von Oktober 2019.

Tab. 2: Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen (RKS) und Baggerschürfe (S)

Kleinrammbohrung Nummer	Geländehöhe (m NHN)	Rechtswert	Hochwert	Endtiefe (m unter GOK)
RKS 1	611,31	4452 859.38	5291 847.55	5,00
RKS 2	612,28	4452 914.67	5291 850.10	2,90
RKS 3	610,89	4452 916.95	5291 826.15	3,00
RKS 3 A (2016)	612,20	4452 893.60	5291 844.30	5,10
RKS 4	609,48	4452 820.16	5291 843.85	3,60
RKS 5	610,20	4452 916.91	5291 816.34	3,10
S 6	607,62	4452 919.21	5291 791.39	2,40
RKS 7	606,91	4452 920.26	5291 783.21	3,00
S 8	604,84	4452 921.06	5291 759.19	3,00
RKS 9	606,22	4452 879.91	5291 766.88	3,60
RKS 10	605,26	4452 877.00	5291 754.89	3,20
RKS 11	604,22	4452 863.94	5291 744.08	3,40
RKS 12	603,61	4452 904.24	5291 744.39	3,10
RKS 12 A (2016)	607,50	4452 885.9	5291 795.6	5,50
RKS 13	601,69	4452 829.35	5291 710.75	3,60
RKS 14	609,42	4452 849.94	5291 820.56	4,10
RKS 15	606,92	4452 877.60	5291 814.58	3,30
S 16	602,04	4452 891.73	5291 718.77	3,30
S 17	602,86	4452 830.26	5291 734.58	3,90
S 19	605,16	4452 827.09	5291 769.91	3,60
S 21	607,23	4452 820.80	5291 804.58	3,50

Die Bodenprofile wurden vom Bodengutachter aufgenommen und gemäß DIN 4022/ 4023 dokumentiert. Ferner wurden schichtenweise Bodenproben entnommen und in verschließbare PE-Becher gefüllt. Die Kornverteilung und die Konsistenz der Böden wurde neben den Laboruntersuchungen (siehe Kap. 2.3) vor Ort auf Grundlage gutachterlicher Erfahrung mittels Feldmethoden abgeschätzt (visueller Eindruck, Handknetversuch nach DIN EN ISO 14688-1).

Die Untersuchungsstellen sind im Lageplan in Anlage 1.0 und 1.1 dargestellt. Die Rammdiagramme, Bohr- und Schurfprofile befinden sich in Anlage 2. Schnittdarstellungen durch das Gelände mit den eingezeichneten Gebäudeschnitten sind in den Anlagen 1.2 und 1.3 enthalten.

Die Geländehöhen der Ansatzpunkte sind den voranstehenden Tabellen Nr. 1 und 2 zu entnehmen.

2.3 Bodenmechanische Laborversuche

Zur Ermittlung der maßgeblichen Bodenkennwerte wurden an ausgewählten Bodenproben folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

Tab 3: Übersicht bodenmechanische Laborversuche

Versuch	Norm	Anzahl
Sieb- / Schlämmanalyse (Kornverteilung)	DIN 18123	4
Zustandsgrenzen	DIN 18122	7
Scherversuch	DIN 18137	5

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Tabellen 5a, 5b und 5c zusammengestellt. Die Versuchsprotokolle liegen diesem Bericht in Anlage 3 bei.

Des Weiteren werden bei der Ermittlung der Homogenbereiche und Bodenkennwerte die bodenmechanischen Laborversuche der Proben aus RKS 3A und RKS 12A aus der Untersuchung 2016 verwendet.

3. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

3.1 Allgemeines

Gemäß Geologischer Karte (GK) von Bayern 1:200.000 Blatt CC 8734 stehen im Untergrund des Untersuchungsgebietes Sedimentgesteine der tertiären Unteren Meeresmolasse (UMM) an. Im weiteren Umgriff sind nach der GK 1:25.000 Blatt 8234 Penzberg an der Oberfläche Ablagerungen der Penzberger Liegendflöz-Gruppe der Stufe Chatt (UMM, Tertiär) anstehend. Tektonisch gehört diese Schichtenfolge zur Faltenmolasse. Die Abfolge der Penzberger Liegendflöz-Gruppe kommt im Untersuchungsgebiet im Bereich der Langsee-Mulde vor, einer tektonischen Muldenform, die in West-Ost-Richtung streicht und von der Nonnenwald-Mulde im Norden und der Penzberger Mulde im Süden flankiert wird. Die Grenzen der Muldensysteme sind tektonisch geprägt als jeweils nach Süden hin einfallende Störungen bzw. Störungszonen. Die Penzberger Liegendflöz-Gruppe ist als Wechsellagerung von Tonmergeln, Ton- und Schluffsteinen, Sandsteinen, Mergelsteinen und Konglomeraten aufgebaut. In die Gesteinsabfolge sind Pechkohleflöze eingeschaltet, die Ziel des ehemaligen Penzberger Kohleabbaus gewesen sind.

Die Gesteine der Faltenmolasse treten an der Oberfläche in Form von sanften Hügeln auf, sind jedoch im Untersuchungsgebiet von den holozänen und spätglazialen Eiszerfallslandschaftsrelikten wie Mooren, würmeiszeitlichen Schotterrinnen und Gletschersedimenten (Grundmoränen des Hochwürm) überdeckt und umgeben.

Entsprechend der Charakterisierung in den Erläuterungen zur geologischen Karte sind die Sedimente der Penzberger Liegendflözgruppe sehr heterogen ausgebildet. Es wurden sowohl schluffig-tonige Sedimente, teils marmoriert, lagenweise verfestigt und lokal mit organischen Komponenten wie auch Ton-, Schluff- und Mergel- bis Mergelsandsteine angetroffen. Sie können Kohleschmitzen oder dünne Kohlebänder enthalten. Die Farben der Tone und Schluffe variieren von grünlich braun bis ockerbraun und grauen Tönen, die Konsistenzen sind fest.

Auf dem Baugelände sind auf der Geologischen Karte M 1:25.000 im nordöstlichen Abschnitt Sedimentgesteine der Penzberger Liegendflözgruppe kartiert, im westlichen, zentralen und südwestlichen Teil sind Ablagerungen der Würmeiszeit verzeichnet. Etwas südlicher außerhalb des Baugeländes treten gemäß Karte junge, holozäne Ablagerungen als Talbodensedimente auf.

Im Umweltatlas Bayern des BayLfU Bayern ist unter anderem auf dem nordöstlich an die Wölflstraße angrenzenden Siedlungsgebiet das Bohrprofil einer Erdwärmesonden-Bohrung dokumentiert. In dieser Bohrung wurde unter einer mit 2 m geringmächtigen Überdeckung aus tonigen, schwach kiesigen Schluffen des quartären Hochwürm bis in eine Teufe von 65 m unter GOK eine Abfolge aus grüngrauen bis gelbbraunen, schluffigen Tonen, Kalksandsteinen, Tonen, Schluffen, Mergelsteinen, Glanz-Braunkohle-Horizonten und Mergelkalksteinen der Penzberger Liegendflöz-Gruppe angetroffen.

Nach den Bohrungsergebnissen der hydrogeologischen Untersuchungen August 2019 sowie gemäß den Baugrunderkundungen 2016 und Oktober 2020 ist klar festzustellen, dass im Planungsgebiet kein zusammenhängender oder gar regional ausgebildeter Grundwasserleiter ausgebildet ist. Es ist eindeutig von isolierten, lokal eng begrenzten Linsen auszugehen, die abhängig vom Niederschlagsgeschehen Grundwasser führen können. Eine Ankopplung an einen regionalen quartären Grundwasserleiter kann nach Bohrungsergebnissen und der geologischen Situation ausgeschlossen werden. Nach der lithologischen Ausbildung der Penzberger Liegend-Flöz-Gruppe kann auch eine Ankopplung an einen eventuell vorhandenen tertiären Grundwasserleiter ausgeschlossen werden.

Bei den bisherigen Erkundungen wurden schichtwasserführende Kies- und Sandhorizonte vor allem im zentralen und nördlichen bis nordwestlichen Bereich, d.h. in den beiden oberen Tiefgaragenzeilen (Häuser 4A, 4B, 3A, 3B), angetroffen. Im Grundrissbereich Haus 2A ist an einer Stelle Schichtwasser nachgewiesen worden.

3.2 Schichtprofilbeschreibung

In den Kleinrammbohrungen und Schürfen wurden unter natürlich gewachsenem Mutterboden meist lehmige Verwitterungshorizonte über würmeiszeitlichen Moränenablagerungen angetroffen, die in den Hauptbodenarten als Tone und Schluffe mit wechselnden Anteilen von gerundeten Kiesgeröllen und kantengerundeten Sandsteinstücken anzusprechen sind. Durchwegs sind auch kleinförmige kohlige Einlagerungen vorhanden. Oberflächennah, d.h. überwiegend bis zu zwischen ca. 1,5 m bis ca. 2,5 m m Tiefe, sind die Schluffe und Tone von weicher Konsistenz, darunter sind sie steif oder halbfest, oftmals an der Grenze zu „fest“. Die Obergrenze der Tone halbfester Konsistenz variiert und reicht von ca. 1,6 m unter GOK vor allem im unteren Teil des Bebauungsgebietes und bis zu ca. 2,5 m Tiefe unter jeweiliger Geländeoberkante in den übrigen Gebieten.

Im nördlichen und mittleren Baufeldteil wurde im Rahmen der Erschließungsmaßnahmen des westlichen Baugebietes im Jahr 2019 auf einer Fläche von ca. 3.000 m² der Oberboden entfernt und eine Lage von ca. 30 – 50 cm Kies- und RC-Beton als Befestigung der BE-Fläche auf der Geländeoberfläche aufgebracht.

Im Profil der Kleinrammbohrungen RKS 10, RKS 7 sowie im Schurf S 19 (also vorwiegend im Bereich UG/ TG 2A und UG/ TG aus 2B) sowie S 16 wurden unter den tonigen Moränenablagerungen in Tiefen ab ca. 1,8 m (Tonmergelstein an RKS 7) bis ca. 3,3 m (Sandstein an RKS 10, Kalksandstein an Schurf S 19) Halbfestgestein in Form von Tonmergel, Feinsandstein sowie feinsandigem Schluffmergelstein des Tertiärs angetroffen. Die Großbohrungen der hydrogeologischen Untersuchungen August 2019 bestätigen anstehenden Mergel- und Mergelsandstein ab ca. 3,9 m Tiefe (z.B. an der Ostseite Haus 4B und 2B). Aus dem Geländebefund wurden diese Gesteine der Penzberger Liegendflöz-Gruppe zugeordnet. Es ist jedoch nicht mit Sicherheit auszuschließen, dass es sich bei den angetroffenen Festgesteinen an einigen Stellen um kantige Steingerölle innerhalb quartärer Moränenablagerungen, ggf. im Übergangsbereich zum liegenden Tertiär, handelt. Es ist anzunehmen, dass steil einfallende relativ harte Halbfestgesteins- und Festgesteinsschichten in Wechsellagerung zu weicheren bindigen Schichten stehen.

Vor allem im hangoberseitigen, nördlichen Teil der Bebauungsfläche sind in die vorwiegend feinkörnigen Moränensedimente Horizonte von größtenteils wasserführenden schluffigen Sanden und sandigen, schluffigen Kiesen eingeschaltet. Ausdehnung und Überlagerung sind in diesen wasserführenden Lagen auch gespannte Wasservorkommen anzutreffen. Daneben stellten sich in den Kleinrammbohrlöchern größtenteils Wasserspiegel zwischen 2 und 3 m unter OK Gelände ein. Die Tone und Schluffe können auch einzelne Wasseradern enthalten, die von einer sehr unterschiedlichen Wasserführung geprägt sind.

Ein zusammenhängender Grundwasserkörper wurde im Rahmen der Bohrarbeiten im Planungsgebiet nicht festgestellt. Wie oben beschrieben, sind in den quartären Moränenablagerungen in zwischengeschalteten sand- und kiesreichen Gerölllagen in baurelevanter Tiefe (d.h. bis ca. 4,5 m unter OK Gelände) Schichtwasser vor allem innerhalb der nördlichen und mittleren Bauflächen vorhanden ist. Es handelt sich dabei mutmaßlich um isolierte Wasservorkommen, die nach ihrem Anschneiden auslaufen. Wasserführenden Kies- und Sandhorizonte entleeren sich nach einer gewissen, nicht exakt vorherzubestimmenden Zeit, so dass nur ein geringer Nachfluss zu erwarten ist. Der Nachfluss ist stark von mit dem bauzeitlichen Einhergehen von Niederschlagsereignissen abhängig.

Die Wasservorkommen stellen sich am Tag der Untersuchung wie folgt dar:

<u>TG I und II:</u>

Tab. 4.1 Wasserzutritt in Bodenaufschlüssen

	Untersuchungsstelle	Wasserstand, wasserführende Schicht Tiefe unter GOK (m), Schicht
	S 4	3.1 m bis tiefer 3.6 m; Kies
	RKS 1	1.9 m – 2.3 m; Kies
	RKS 2	bis 3 m kein Wasser
	RKS 3	1.0 m - 2.3 m; Kies
	RKS 3A	Kein Wasser
	RKS 14	1.2 m – 2.1 m; Kies gespannt, Anstieg auf 0,90 m

TG III und IV:

Tab. 4.2 Wasserzutritt in Bodenaufschlüssen

	Untersuchungsstelle	Wasserstand, wasserführende Schicht Tiefe unter GOK (m), Schicht
	S 21	Kein Wasser
	RKS 15	0.9 m – tiefer 3.3 m; Kies
	RKS 5	Kein Wasser
	S 6	Kein Wasser
	RKS 12A	1.1 m – 3.0 m; Kies gespannt, Anstieg auf 0.87 m

TG V und VI:

Tab. 4.3 Wasserzutritt in Bodenaufschlüssen

	Untersuchungsstelle	Wasserstand, wasserführende Schicht Tiefe unter GOK (m), Schicht
	RKS 9	1.8 – 2.7 m, Schluff
	RKS 10	Kein Wasser
	RKS 7	Kein Wasser
	S 8	Kein Wasser
	S 19	Kein Wasser

TG VII:

Tab. 4.4 Wasserzutritt in Bodenaufschlüssen

	Untersuchungsstelle	Wasserstand, wasserführende Schicht Tiefe unter GOK (m), Schicht
	S 17	Kein Wasser
	RKS 13	Kein Wasser
	RKS 11	Kein Wasser
	S 16	Kein Wasser
	RKS 12	Kein Wasser

Bemessungswasserstand

Bedingt durch die geringe Wasserdurchlässigkeit der Tone und Schluffe sowie Ton-Schluff-Mergelsteine bilden sich im Bauendzustand um die Tiefgaragenkörper herum quasi abflusslose Wannen. Nach unserer Einschätzung ist der für den Bau maßgebliche MHGW (mittlerer Höchstgrundwasserstand bzw. der Wasserspiegel des aufgestauten Schichtwassers und Grundwassers) daher mit der Höhe der jeweiligen Geländeoberfläche gleichzusetzen. Dabei gilt an der Nordseite die höhere, an der Südseite auf Grund des Hanggefälles eine niedrigere Höhe. D. h. die Bemessungswasserstände befinden sich laut derzeitiger Planung zwischen ungefähr 613,00 mNN (UG/ TG Haus 4B) im Nordosten und ca. 602,00 mNN am südwestlichen Eck TG Haus 1. Die tatsächliche Bemessungshöhe ist die letztendliche tatsächliche Geländeoberkante und planerisch entsprechend anzupassen.

Das Planungsgebiet gehört gemäß Kartierung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (IÜG, „Informationsdienst überschwemmungsgefährdeter Gebiete“ des BayLfU) nicht zu einem amtlich festgelegten Überschwemmungsgebiet oder zu einem wassersensiblen Bereich.

Bezüglich möglicher Überflutungen verweisen wir auf das Gutachten „Baugebiet Birkenstraße – Penzberg, Maßnahmenkonzept zum Schutz vor urbanen Sturzfluten“ vom 26.09.2019 der Dr.-Blasy-Dr. Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG.

4. Ergebnisse und Bewertung der Untersuchungen

4.1 Schichtprofilbeschreibung, Homogenbereiche

Nach Auswertung der Bohr- und Schurfprofile ergibt sich der unten beschriebene Schichtenaufbau. Bezugshöhe der Tiefenangaben ist die Geländeoberfläche am jeweiligen Sondieransatzpunkt. Mutterboden (humoser Waldboden) wird dabei nicht betrachtet. Ebenso werden die im nördlichen Baufeldteil auf der Geländeoberfläche vorhandene BE-Flächen- und Baustraßenlage aus Kies und RC-Beton nicht gesondert aufgeführt.

Tiefe unter GOK	
Unterkante Mutterboden	
bis ca. 1 m / 2,5 m	Homogenbereich B 1 VERWITTERUNGSLEHM Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach kiesig bis kiesig, tonig bis stark tonig, teils steinig, schwach organische Beimengungen Bodengruppen TM, TL, UM (DIN 18196) Konsistenz: weich, teils sehr weich Schichtwasserhorizonte ab ca. 1,5 m unter GOK, teilweise gespannt
ca. 1m /2,5 m bis 3 m	Homogenbereich B2 GESCHIEBELEHM , DIAMIKTON (würmeiszeitliche Moränensedimente) Schluff und Ton, Schluff, tonig bis stark tonig; auch Ton, schluffig teils feinsandig, schwach kiesig, auch bis stark kiesig, schwach steinig, teils mit Blöcken, auch große erratische Blöcke möglich Bodengruppen TM, UL, ST (DIN 18196) Konsistenz steif

ca. ab 2 m bis ab 3 m	Homogenbereich B 3 GESCHIEBELEHM , DIAMIKTON (würmeiszeitliche Moränensedimente) Schluff und Ton (wie Homogenbereich B 2) jedoch Konsistenz halbfest – fest Bodengruppe TM, ST, SU (DIN 18196)

Einschaltungen in Moränensedimente
unterschiedliche Teufen und Schichtmächtigkeiten bis zu ca. 2 m:

Homogenbereich B 4 (4a, 4b, 4c)
KIESE und SANDE
Kies, sandig, schluffig (B 4a) auch stark schluffig (B 4b);
Sand, kiesig, schwach schluffig bis schluffig (B 4c)
als lokal begrenzte Einschaltungen in quartären Moränensedimenten Homogenbereiche B 1, B2, B 3,
Bodengruppen GU, GU* SU, SU* (DIN 18196)
Lagerungsdichte: mitteldicht, auch dicht, auch locker
wassergesättigt; Feinsande auch als Fließsand vorkommend

ab ca. 3 m bis ab ca. 5,0 m (auch ab 1,8 m)	Homogenbereich B 5 Schluff- und Sandmergelstein, Ton-Schluff-Stein, Kalksandstein Gesteinsklasse SF und KA Festigkeit (bis ca. 6 m unter GOK): angewittert, mürb bis mäßig hart Homogenbereich B 6 wie oben, jedoch unverwittert, hart Klüftigkeit: klüftig bis kompakt (Trennflächenabstände 10 cm bis > 60 cm, Annahme aus regionaler gutachterlicher Erfahrung) Anmerkung: Die Festgesteins- bzw. Halbfestgesteinsschichten sind steil gelagert und können von bindigen Lockergesteinsschichten unterbrochen sein. Die Oberkante der Festgesteine ist uneben und innerhalb des Baufeldes stark divergierend; die Oberkante der Tertiärsedimente ist in den Bohrungen nicht exakt ansprechbar, da nicht auszuschließen ist, dass kantige Groß-Gerölle von Gesteinen der Penzberger Liegendflöz-Gruppe innerhalb der quartären Moränen auftreten und in den Bohrprofilen anstehendes Tertiär vortäuschen.

Die obige Darstellung ist stark generalisiert, die tatsächliche Schichtenfolge ist aus den Schichtsäulenprofilen in Anlage 2 sowie den Profilen Anlage 1.3 – 1.8 ersichtlich.

4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen, Lagerungsdichte

Mit den angesetzten Schweren Rammsondierungen (DPH) wurde anhand der Schlagzahl je 10 cm Eindringtiefe (n10) die Lagerungsdichte D bzw. im Falle der bindigen Böden die Konsistenz des Untergrundes bestimmt. Schlagzahlen ab n10 = 4 bis 5 kennzeichnen bindige Böden mindestens steifer Konsistenz. Ab n10 = 7-9 ist von halbfester, ab n10 = ca. 16-17 von fester Konsistenz auszugehen. In den nichtbindigen Böden,

hier die sandigen wassergesättigten Kiese und Sande , sind Schlagzahlen ab n_{10} = 6 als „mitteldichte Lagerung“ (D ≥ 0,45), Schlagzahlen ab n_{10} = 12 als „dichte Lagerung“ (D ≤ 0,65, im Grundwasser) zu interpretieren. Ohne Wassersättigung bedeuten Schlagzahlen ab ca. n10 = 16 „dichte Lagerung“.

Generell wurden oberflächennah, d.h. bis in überwiegend ca. 1 m bis 1,5 m Tiefe (stellenweise auch bis zu 2,5 m) wurden mit n10 = 0 bis 4 sehr niedrige Schlagzahlen gemessen, die auf die weiche Konsistenz der quartären Verwitterungslehme (Homogenbereich B 1) deuten. Es folgt darunter mit Schlagzahlen zwischen 5 und 25 je 10 cm Eindringtiefe ein Übergangsbereich von steifer bis halbfester Konsistenz innerhalb der quartären Moränenablagerungen (Homogenbereich B 2 und B 3). Die Tiefenlage und Mächtigkeit dieses Übergangsbereiches ist stark unterschiedlich ausgeprägt und liegt meist zwischen 2 m und 3 m.

Eine feste Konsistenz der bindigen Ton-Schluff-Böden mit Schlagzahlen n10 > 17 (gemessen wurden bis zu n10 >75) ist in unterschiedlichen Tiefen festzustellen.
Schlagzahlen über n10 = 50 wurden in unterschiedlichen Tiefen zwischen 2,4 m und 7 m, überwiegend zwischen 3 m und 5 m, durchschnittlich in Tiefen von ca. 4,5 m gezählt.

Hohe Schlagzahlen wurden somit zum einen in den festen Ton-Schluff-Gemischen der liegenden Abschnitte der würmeiszeitlichen Geschiebelehme, zum anderen in den Halbfest- und Festgesteinen der Penzberger Liegendflöz-Gruppe gemessen. Auch Sondierhindernisse in Form von großen Steinen und Blöcken verursachen sehr hohe Schlagzahlen bzw. verhindern ein tieferreichendes Sondieren.

Die Schlagzahldiagramme der Rammsondierungen sind im Detail aus Anlage 2 sowie aus den Schnitten in Anlage 1.3 bis 1.8 ersichtlich.

4.3 Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche

Tab. 5a: Zusammenstellung Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche; Zustandsgrenzen

Versuch	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122
Bohrung	RKS 3A	RKS 3A	RKS 12A	RKS 12A	RKS 12A
Probe	RKS 3 / 0,8-1,6	RKS 3 / 3,7-5,0	RKS 12 / 0,7-1,8	RKS 12 / 3,0-4,0	RKS 12 / 4,4-5,0
Entnahmetiefe [m unter Ansatzpunkt. GOK]	0,8-1,6 m	3,7-5,0 m	0,7-1,8 m	3,0-4,0 m	4,4-5,5 m
Schicht	Verwitterungslehm HOMOGENBEREICH B 2	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	Verwitterungslehm HOMOGENBEREICH B 2	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3
Bodenart	U, t*, s', g'	U, t*, s, g	U, t*	U, t	U und T, s'
Konsistenzzahl	0,76	1,1	0,76	1,13	1,32
Zustandsform	steif	halbfest	steif bis weich	halbfest	halbfest
Bodengruppe DIN 18196	TL	TM	TM	TM	TM

(Laborprüfberichte zu RKS 3A und 12A siehe GEOMECHNIG-Bericht vom 16.08.2016)

Tab. 5a: Zusammenstellung Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche; Zustandsgrenzen; effektive Scherfestigkeit

Versuch	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122
Bohrung/Schurf	Schurf 4	Schurf 6	Schurf 8
Probe	S 4/1 / 3,1 m	S 6/1 / 2,4 m	S 8/1 / 2,4 m
Entnahmetiefe	2,2-3,1 m	1,6-2,4 m	1,50-2,4 m
Schicht	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3
Bodenart	U,t,s,g-g*,x‘	T,u	U, t, fs, g‘
Konsistenzzahl	1.538	1.659	1.889
Zustandsform	halbfest	halbfest	halbfest
Bodengruppe DIN 18196	SU-ST	TM-UM	UL-ST
	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137
Reibungswinkel °	-	31,0	28,3
Kohäsion kN/m²		27,5	26,0
Wichte kN/m³	-	20,2	21,5

Versuch	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122
Bohrung/Schurf	Schurf 16	Schurf 17	Schurf 17
Probe	S 16/1 / 3,2 m	S 17/1 / 3,0 m	S 17/2 / 3,9 m
Entnahmetiefe	1,9-3,2 m	1,3-3,0 m	3,0-3,9 m
Schicht	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3
Bodenart	T,u,g‘,x’,s‘	U,t*,g,x‘	U, t*, g-g‘,x‘
Konsistenzzahl	1.746	1.721	1.966
Zustandsform	halbfest	halbfest	halbfest
Bodengruppe DIN 18196	ST-UL	ST-SU	ST-SU
	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137
Reibungswinkel °	-	-	30,0
Kohäsion kN/m²	-	-	23,0
Wichte kN/m³	-	-	21,1

Tab. 5b: Zusammenstellung Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche; Zustandsgrenzen und effektive Scherfestigkeit

Versuch	Zustandsgrenzen DIN 18122	Zustandsgrenzen DIN 18122	
Bohrung/Schurf	Schurf 19	Schurf 21	
Probe	S 19/2 / 3,3 m	S 21/2 / 3,5 m	
Entnahmetiefe	1,9-3,3 m	2,0-3,5 m	
Schicht	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 2	Geschiebelehm, Diamikton HOMOGENBEREICH B 3	
Bodenart	U,t,g,fs,x‘	U,s, t,g,x‘	
Konsistenzzahl	0.957	3.138	
Zustandsform	steif	halbfest	
Bodengruppe DIN 18196	UL-ST	SU	
	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137	Effektive Scherfestigkeit DIN 18137	
Reibungswinkel °	28,0	27,0	
Kohäsion kN/m²	21,0	20,0	
Wichte kN/m³	21,6	21,3	

Tab. 5c: Zusammenstellung Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche; Kornverteilung

Versuch	Kornverteilung DIN 18123	Kornverteilung DIN 18123	Kornverteilung DIN 18123
Bohrung/ Schurf	RKS 12A	RKS 12A	RKS 12A
Probe	RKS 12 /1,8-2,6	RKS 12/ 4,4 – 5,5	RKS 12/0,7 – 1,8
Entnahmetiefe	1,8 – 2,6 m	4,4 – 5,5 m	0,7 – 1,8 m
Schicht	Kies HOMOGENBEREICH B 4a	Geschiebelehm (Diamikton) HOMOGENBEREICH B 3	Verwitterungslehm, Schluff HOMOGENBEREICH B 1
Bodenart	G,s,u‘	T,U,s‘	U,t*
Feinanteil (Schluff/ Ton)	14,2 %	89,8%	96,3%
Bodengruppe DIN 18196	GU	TM	TM
Frostempfindlichkeits-klasse ZTVE	F3	F2	F3
Durchlässigkeit (k_f-Wert) berechnet nach MAL-LET+PAQUANT	5.1×10^{-5} m/s	7.8×10^{-10} m/s	--

(Laborprüfberichte zu RKS 3A und 12A siehe GEOMECHNIG-Bericht vom 16.08.2016)

Tab. 5c: Zusammenstellung Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche; Kornverteilung

Versuch	Kornverteilung DIN 18123	Kornverteilung DIN 18123	Kornverteilung DIN 18123	Kornverteilung DIN 18123
Bohrung/ Schurf	RKS 1	RKS 2	Schurf S 4	RKS 15
Probe	RKS 1/5	RKS 2/3	S 4/2	RKS 15/3
Entnahmetiefe	3,5-5,0 m	2,2-2,9 m	3,1-3,6 m	2,00-3,3 m
Schicht	Gecshiebelehm (Diamik-ton) Schluff HOMOGENBEREICH B 2	Feinsand HOMOGENBEEICH B 4c	Kies HOMOGENBEREICH B 4b	Kies HOMOGENBEREICH B 4
Bodenart	U,s‘	fS,u*,t‘,g‘,ms‘	mG,u*,s,fg‘,t,gg‘	mG,s,fg,gg‘,u‘
Feinanteil (Schluff/ Ton)	45,8/46,3%	8,8/21,7%	10,2/27,2%	0,0/7,2%
Bodengruppe DIN 18196	U	SU*	GU*	GU
Frostempfindlichkeitsklasse ZTVE	F3	F3	F3	F2
Durchlässigkeit (k_f-Wert) berechnet nach Seiler	-	2.4×10^{-6} m/s	-	2.6×10^{-3} m/s

Tab. 5d: Ergebnisse der Bestimmung des Organischen Anteils, bestimmt als Glühverlust

Bohrpunkt Probenbezeichnung	Homogenbereich	Organischer Anteil bestimmt als Glühverlust	Klassifizierung DIN EN ISO 14 688-2
RKS 3A (2016) RKS3 / 0,8-1,6	Homogenbereich B 2	3,3 %	schwach organisch
RKS12A (2016) RKS12 / 0,7-1,8	Homogenbereich B 2	7,0 %	mittel organisch
RKS 12A (2016) RKS12 / 4,4-5,5	Homogenbereich B 3	2,7 %	schwach organisch

4.4 Bodenklassifizierung und Homogenbereiche

In nachfolgender Tabelle sind die maßgeblichen erkundeten Bodenschichten mit Definition des Homogenbereiches gemäß ATV DIN 18300 (August 2015) zusammen mit ihrer Beschreibung nach DIN 4022, der Bodengruppe nach DIN 18196, die früher für den Aushub maßgeblichen Bodenklasse nach DIN 18300 (alt), die Bodenklasse der Bohrbarkeit nach DIN 18301 sowie die Frostempfindlichkeitsklasse zusammengestellt.

Tab. 6: Bodenklassifizierung und Homogenbereiche

Bodenschicht Homogenbereich	Bodenart DIN 4022 DIN EN ISO 14688-1	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300 (alt)	Bodenklasse DIN 18301-2006	Frostempfindlich-keitsklasse ZTVE-StB
Schluff und Ton B 1 Weich	Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig bis stark tonig, schwach kiesig bis kiesig, schwach steinig, auch blockig, auch org. Beimengungen U,s-s‘,t‘-t*,g‘-g; teils x‘, y‘ ,o‘ cl‘-cl*,sa-sa‘,gr‘-grSi, teils co‘, bo‘	TL, TM, UM,	4	BB 2 BS 1, BS 3	F 3 sehr frostempfindlich
Schluff und Ton B 2 steif	Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig bis stark tonig, schwach kiesig bis kiesig, schwach steinig ,auch blockig, U,s-s‘,t‘-t*,g‘-g; teils x‘, y‘ cl‘-cl*,sa-sa‘,gr‘-grSi, teils co‘, bo‘	TL, TM, UM, ST-SU, ST	4	BB 2 BS 1, BS 3	F 3 sehr frostempfindlich F2 gering bis mittel frostempfindlich
Schluff und Ton B 3 halbfest bis fest	Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig bis stark tonig, schwach kiesig bis kiesig, schwach steinig, auch blockig U,s-s‘,t‘-t*,g‘-g; teils x‘, y‘ cl‘-cl*,sa-sa‘,gr‘-grSi, teils co‘, bo‘	TM ST	5, 6	BB 3-BB 4 BS 1, BS 3	F 3sehr frostempfindlich F2 gering bis mittel frostempfindlich
Sand B 4c	Sand, kiesig, schluffig- stark schluffig S,g,u-u* si-si*grSa	SU, SU*	3, 4 (auch 2 möglich, Fließsand)	BN 1-BN 2 auch BB 1	SU*: F 3 SU : F 2
Kies GU B 4a GU* B 4b	Kies, sandig, schluffig bis stark schluffig G,s,u-u*,x‘ co‘si-si#saGr	GU GU*	3 4	BN 1-BN 2 BS 1	GU: F 2 GU*: F 3
Halbfestgestein B 5 Verwitterungs-horizont und oberste entfestigte Zone	SF, KA		5 6-7, 7	BB3- BB4 Felsklasse FV 1-FV 3	F 3sehr frostempfindlich
Festgestein B 6 unverwittert	SF, KA		7	Felsklasse FV 5 bis FV 6	F2 gering bis mittel frostempfindlich

In den Homogenbereichen B 1, B 2 , B 3 können vereinzelte erratische Blöcke (Findlinge) bis zu ca. 4 m Durchmesser auftreten (Ein Findling wurde im Baufeld West in 2019 beim Kanalbau ausgegraben).

4.5 Wasserdurchlässigkeiten

Tab. 7: Wasserdurchlässigkeiten

Bodenschicht Bodengruppe Gesteinsklasse	k-Wert (Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, Erfahrungswerte)	k-Wert (berechnet aus Kornverteilung	Durchlässigkeitsbereich DIN 18130
Schluff, Schluff-Ton-Gemisch TM, TL, UM	1×10^{-10} - 1×10^{-8} m/s	7.8×10^{-10} m/s	sehr schwach durchlässig
Schluff ST, ST-SU	5×10^{-9} - 1×10^{-7} m/s	--	schwach bis sehr schwach durchlässig
Sand SU	5×10^{-6} - 1×10^{-5} m/s	--	durchlässig
Sand SU*	5×10^{-7} - 1×10^{-6} m/s	2.4×10^{-6} m/s	schwach durchlässig
Kies GU	1×10^{-3} - 5×10^{-5} m/s	2.6×10^{-3} m/s 5.1×10^{-5} m/s	stark durchlässig bis durchlässig
Kies GU*	5×10^{-7} - 5×10^{-6} m/s	--	schwach durchlässig
Festgestein SF, KA (Tonmergelstein, Schluffmergelstein, Mergelsandstein, Kalksandstein)	Gebirgsdurchlässigkeit: keine gesicherten Angaben möglich; Indifferent je nach Zerklüftungsgrad	--	keine gesicherten Angaben möglich; (Annahme: meist schwach bis sehr schwach durchlässig)

Die auf dem Baugrundstück vorhandenen gemischtkörnigen bindigen Böden sind insgesamt schwach bis sehr schwach durchlässig nach DIN 18130. Die Kieszwischenlagen sind in Abhängigkeit ihres Feinanteils stark durchlässig bis durchlässig, teils auch schwach durchlässig. Die Sandlagen sind durchlässig bis schwach durchlässig. Das Festgestein der Liegend-Flöz-Gruppe wird als schwach bis sehr schwach durchlässig eingestuft. In Abhängigkeit des tatsächlichen Trennflächengefüges, welches ohne flächige Freilegung der Festgesteinsoberfläche oder umfangreicher Großbohrungen nicht erkundet werden kann, sind stellenweise auch höhere Gebirgsdurchlässigkeiten möglich.

4.6 Bodenkennwerte und Homogenbereiche

In nachfolgender Tabelle werden Rechenmittelwerte für die beschriebenen Schichten (ausgenommen Mutterboden) sowie für einen Kiesersatzkörper, angegeben. Diese basieren auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und auf Erfahrungswerten von vergleichbaren Böden. Die Angaben gelten für die im ungestörten Lagerungsverband anstehenden Schichten.

Tab. 8: Charakteristische Bodenkennwerte (Angaben in rot: Laborwerte)

Bodenschicht Bodengruppe	Lagerung/ Konsistenz	Vorkommen im Homogenbereich DIN 18300 08/2015	Wichte cal. γ kN/m³	Wichte unter Wasser cal.γ' kN/m³	Reibungswinkel cal.ϕ'	Kohäsion cal. c' kN/m²	Kohäsion cal. c_u kN/m²	Steifemodul* cal. E_S MN/m²
Schluff TL	weich steif	B 1 B 2	19 20	9 10	22,5° 22,5°	0-5 5-10	5-20 20-150	2 5
Schluff TM	weich steif halbfest	B 1 B 2 B 3	18,5 19,5 20,5 20,2	9,5 9,5 10,5	17,5° 17,5° 17,5°° 31°	5-10 10-15 15-20 27,5	5-20 20-150 50-300	1 3 8
Schluff UM	weich steif halbfest	B 1 B 2 B 3	16,5 18,0 19,5	8,5 9,5 10,5	22,5° 22,5° 22,5°	0 5-10 10-15	5-20 10-150 150-300	1 3 7
Schluff-Sand-Gemische ST ST-SU	weich steif halbfest	B 1 B 2 B 3	21 21,5 21,6 22 21,5 21,1 21,3	11 11,5 12	27,5° 27,5° 28° 27,5° 28,3° 30,0° 27,0°	0 5-10 21,0 10-15 26,0 23,0 20,0	5-20 20-150 150-300	15 35 50
Kies GU	mitteldicht dicht	B 4a	20 22	12 14	32,5° 35°	0 0	0 0	80-100 100-120
Sand SU, SU*	mitteldicht/ steif	B 4c	20-20,5	11,5-12	27,5°-32,5°	0-2	0-15	25-35
Kies GU*	mitteldicht/ steif	B 4b	21,5	11,5	27,5°	0-2	0-15	30
Kiesersatzkörper GU	mitteldicht	--	20	12	32,5°	0	0	80
Ton- u. Schluffstein Sandstein, Mergelsandstein Kalksandstein SF, KA**	fest	B 5**	22	13	>40°	>30		>100

*E_S abgeschätzt, Erfahrungswerte

Für Bemessungen sind bei Wertebereichen die unteren (niedrigeren) Werte anzusetzen

Die Kennwerte für Festgesteine SF und KA (Homogenbereich B 5) sind grob abgeschätzte Werte für überschlägige Berechnungen. Sie schwanken in der Realität und sind stark abhängig vom Verwitterungsgrad und vom Trennflächengefüge. Die angegebenen Werte gelten für den zusammenhängenden Schichtkomplex. Eine genaue Angabe ist nur mittels sehr aufwändiger differenzierter Gesteinsuntersuchungen möglich. Zu untersuchen und anzugeben wären die Gesteinsdruckfestigkeit, die Kornbindung, der Schichteinfallswinkel, die Klüftigkeit sowie der Verwitterungsgrad.

5. Tragfähigkeit, Gründungsvorschläge mit Hinweisen zur Bauausführung

5.1 Tragfähigkeit

Die oberflächennah anstehenden Schluff-Ton-Gemische von weicher, teils breiiger, Konsistenz sind nicht für die direkte Aufnahme der anfallenden Bauwerkslasten geeignet. Ausreichend bis gut tragfähig sind die Schluffe von steifer Konsistenz (Homogenbereich B 2) unter der Voraussetzung des zusätzlichen Einbaus eines Gründungspolsters aus sandigem Kies. Die in den geplanten Gründungssohlen überwiegend vorhandenen festen bis halbfesten Ton-Schluff-Böden (Homogenbereich B 3) sind ausreichend tragfähig. Die dicht und mitteldicht gelagerten Kiese des Homogenbereich B 4a sind wenig kompressibel und ebenfalls gut zur Gründung geeignet. Ebenfalls gut tragfähig sind die Festgesteine des Homogenbereich B 5. Es ist anzunehmen, dass steil einfallende harte Festgesteinsschichten der Penzberger-Liegendflöz-Gruppe in Wechsellagerung zu weicheren bindigen Schichten stehen, so dass in den Baugrubensohlen mit anstehendem Festgestein stark wechselnde bodenmechanische Eigenschaften zu erwarten sind. Die Festgesteine besitzen unterschiedliche Druckfestigkeiten bzw. Verfestigungsgrade.

Die Schluff-Ton-Böden (Diamiktone) sowie die Schluff-Feinsand-Böden sind überwiegend als sehr wasserempfindlich einzustufen, sie verändern ihre Konsistenz und damit ihre Tragfähigkeitseigenschaften bei Wasserzutritt stark. Die Tragfähigkeit vermindert sich.

In den jeweiligen geplanten Gründungssohlen der sieben TGs sind gemäß Baugrundmodell überwiegend nachfolgend aufgeführte Böden zu erwarten (siehe auch Plan Anlage 1.1 sowie Schnitte Anlage 1.3 und 1.4, die in den Plänen eingetragenen Grenzlinien sind modellhaft zu verstehen und stellen keine absoluten Grenzen dar. Abweichungen sind in der Natur vorhanden).

Tab. 9 Homogenbereiche in Gründungssohltiefen

Haus mit Tiefgarage	Geplante Gründungssohle m NHN*	Homogenbereiche in Gründungssohle (überwiegend zu erwarten gemäß Untersuchungsergebnissen)
Haus 4A	607,64 UG Nord 607,58 TG Mitte 606,54 Aufzug	B 2, auch B 1 B 1, B 2, B 4 B 2
Haus 4B	608,64 UG Nord 608,58 TG Mitte 607,54 Aufzug	B 2, B 3, B 5, B 6 , auch B 4 B 2, B 3, auch B 4 B 5, B 6
Haus 3A	605,09 UG Nord 605,03 TG Mitte 603,99 Aufzug	B 2, B 3, B 4 B 1, B 2, B 3, auch B 4 B 3, B 4
Haus 3B	606,09 UG Nord 606,03 TG Mitte 604,99 Aufzug	B3, auch B 4, B 2 B3, auch B 4, B 2 B 5, B 6

Haus 2A	602,29 UG Nord 602,23 TG Mitte 601,19 Aufzug	B 3, auch B5 B 1, B 3, auch B 2 B5, B 6
Haus 2B	603,29 UG Nord 603,23 TG Mitte 602,19 Aufzug	B 3, B 5, B 6 B 1, B 2, B 3, auch B 5, B 6 B 5, B 6
Haus 1 West	599,98 UG Nord 599,92 TG Mitte 598,88 Aufzug	B 3, B 5, auch B 2 B 1, B 2, B 3, auch B 5 B 5, B 6
Haus 1 Ost	600,98 UG Nord 600,92 TG Mitte 599,88 Aufzug	B 3, auch B 2 B 2, B 3, auch B 1 B 5, B 6

*es wird das Höhensystem DHHN2016 angenommen. Höhenangaben wurden aus den Schnitten des Vorentwurfes des Architekturbüros H2M vom 24.02.2020 entnommen (VORABZUG VE_500_SCH-Schnitt NS)

5.2 Gründungsvorschläge Gebäude

5.2.1 Flächenfundament (Plattengründung)

Die Gründung der entsprechend ausgesteiften sieben Tiefgaragenbauwerke sollte als Flachgründung auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte erfolgen. Streifenfundamente sind wegen der Inhomogenitäten in der Tragfähigkeit der Gründungssohlen sowie wegen der notwendigen wasserdichten Bauweise der Tiefgaragenkörper nicht geeignet. Die Gründung der Bodenplatten ist nur auf ausreichend tragfähigem Untergrund mit möglichst homogenen Tragfähigkeitseigenschaften möglich. In den verschiedenen Gründungssohlebenen kommen Böden mit unterschiedlichen Tragfähigkeitseigenschaften vor (siehe Kap. 5.1).

Zur Herstellung einer einheitlichen Gründungssohle sind die nicht ausreichend tragfähigen weichen Lehme (Homogenbereich B 1) bis auf die Oberfläche der darunter befindlichen steifen, halbfesten und festen Schluffe und Tone auszubauen und durch einen tragfähigen Bodenaustauschkörper zu ersetzen. Es sind diesbezüglich in Teilflächen Bodenaustauschmächtigkeiten bis zu ca. 1,2 m zu erwarten. Die modellhaft grob interpolierte Unterkante des Homogenbereich B 1 ist aus den Schnitten in Anlage 1.3 und 1.4 ersichtlich.

In den Gründungssohlflächen mit steifer Konsistenz der bindigen Böden (Homogenbereich B 2) ist ein Bodenaustauschkörper von ca. 40-50 cm Dicke herzustellen. In den Teilflächen mit großflächiger homogener halbfester bis fester Konsistenz der bindigen Böden (Homogenbereich B 3) kann die Sauberkeitsschicht direkt auf das Erdplanum gebaut werden, sofern dazwischen keine bindigen Böden weicherer Konsistenz oder Festgesteinsrippen anstehen. Andernfalls ist ein Bodenaustauschkörper von ca. 30 cm Mächtigkeit einzubauen. Falls sandiger Kies (Homogenbereich B 4a) in einer der Gründungssohlen anstehen sollte, was eher nicht zu erwarten ist, kann auf diesen direkt gegründet werden. Der Einbau einer kapillarbrechenden Schicht unter den Bodenplatten ist auf Grund der frostsicheren Einbindetiefe und auf Grund des wasserdichten Ausführung der Tiefgaragen nicht notwendig. Die insgesamt inhomogenen Tragfähigkeitseigenschaften in Gründungssohle und auch auf dem Gründungsplanum nach Bodenaustausch sind tragwerksplanerisch zu beachten.

Ferner ist in Teilbereichen mit einem erhöhten Aufwand bei der Lösung des Untergrundes (Homogenbereich B 5 sowie B 6 Festgestein) zu rechnen. Hier müssen bereichsweise mehrere Dezimeter bis zu ca. 1 m (zzgl. Tiefe für elastisches Bettungspolster von ca. 20 cm) mächtige Festgesteinspartien nach Aushub der

überlagernden Lockergesteine je nach Härte abgefräst und/oder abgemeißelt werden. Derlei Verhältnisse prognostizieren wir auf Grundlage der bisherigen Untersuchungsergebnisse und der in den Schnitten des Architekturbüros H2M vom 24.02.2020 (VORABZUG VE_500_SCH-Schnitt NS) angegebenen Gründungssohltiefen am Nordosteck der UG-Gründungssohle von Gebäude 4B, 2 B, voraussichtlich auch auf der Nordwestseite der UG-Gründungssohle von Geb. 1 sowie an den meisten Aufzugschächten.

Der Einbau eines ca. 20 cm dicken elastischen Bettungspolsters ist in diesen Bereichen ratsam. Im Falle einer Wechsellagerung von Festgestein und Lockergestein sind ebenfalls 30 cm bis 40 cm Bettungspolster aus sandigem Kies notwendig, um kleinräumige Tragfähigkeitsunterschiede auszugleichen. Die modellhaft grob interpolierte Oberkante des Homogenbereich B 5 (bzw. auch B 6, wenn vorhanden) ist aus den Schnitten in Anlage 1.3 und 1.4 ersichtlich. Eine differenzierte Darstellung der Homogenbereiche B 5 und B 6 in den Schnitten und im Plan Anlage 1.1 ist nicht möglich, es überwiegt voraussichtlich B 5.

Der Bodenaustauschkörper soll aus gut verdichtetem, lagenweise einzubauendem weitgestuften sandigem Kies oder Kiessand mit geringem Feinkornanteil bestehen. Der Kiesersatzkörper muss mindestens 0,5 m über die Außenkante der Fundamente reichen und mit 45° abgeböscht werden, um den geforderten Lastabtrag zu gewährleisten. Der Austauschkörper ist in Lagen von maximal 20 cm bis 30 cm Stärke einzubauen, die einzelnen Lagen sind auf 100% der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die Lagenstärke kann erhöht werden, wenn das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät den geforderten Verdichtungsgrad sicher erreicht.

Ist die Festgesteins-Gründungssohle großflächig homogen aufgebaut, was erst nach dem Entfernen der überdeckenden Lockergesteinsböden erkennbar wird, kann die Gründungskonstruktion tragwerksplanerisch auf die starre Gründungssohle angepasst werden und auf einer Magerbetonausgleichsschicht direkt auf dem Fels gegründet werden. Derlei große und gleichermaßen homogene Gründungsflächen sind jedoch eher nicht zu erwarten.

Eine baubegleitende geotechnische Beurteilung der Aushubsohlen mit Abgleich der prognostizierten Verhältnisse im Hinblick auf die Tragfähigkeitseigenschaften ist unbedingt erforderlich, um als Gründungssohle ungeeignete Bereich einzugrenzen und zu beseitigen und um Bodenaustauschtiefen (neu) festzulegen.

Ebenerdig gegründete Bauten erfordern einen tieferen Bodenaustausch bis auf tragfähigen Untergrund (mindestens bis Homogenbereich B 2) der engräumig wechselnd in unterschiedlichen Tiefen vorkommt. Es ist davon auszugehen, dass der größte Teil der oberflächennahen Böden im Rahmen der Tiefgaragenbaugruben sowieso entfernt werden muss.

Ab einer bestimmten Bodenaustauschtiefe ist statt des Bodenaustausches der Einbau von sogenannten Brunnengründungen in Erwägung zu ziehen. Hierbei werden Betonschachtringe durch Aushub im Innern des Schachtringes in den weichen Untergrund eingebracht, bis 1 m in den tragfähigen Boden mindestens halbfester Konsistenz oder auf den Festgesteinsuntergrund Homogenbereich B5 und B 6 geführt und mit Unterwasserbeton verfüllt. Eine einheitliche Gründungssohle für die Brunnenringe wird empfohlen. Auf die Brunnenringe wird die Bodenplatte gesetzt. Einer derartigen Brunnengründung kann je nach Durchmesser ein aufnehmbaren Sohldruck von 150 bis 250 kN/m² zugeschrieben werden. Vorbehaltlich der Ergebnisse enstprechender Kostenvergleiche von Bodenaustausch gegenüber Brunnenringgründung wird nach den vorliegenden Erkenntnissen und angenommenen Gründungstiefen (VORABZUG VE_500_SCH-Schnitt NS vom 24.02.2020) diese Variante in Teilflächen der Häuser 1 (TG Südseite), 2 A, 3 A, 4 A möglicherweise die einem Bodenaustausch vorzuziehende Variante sein.

Wegen der fehlenden Filterstabilität zum Umgebungsgestein und zur Verbesserung der Tragfähigkeitseigenschaften ist zwischen Erdplanum der weichen und steifen bindigen Böden (Homogenbereich B 1 und B 2) und Kiesersatzkörper ein geeignetes Filtervlies mindestens der Georobustheitsklasse 3 fachgerecht einzubauen. Das Geotextil ist über die Ränder des Kiesaustauschkörpers hochzuschlagen.

Eine entsprechende Vergrößerung der Baugrube und damit verbundener Mehraushub und Volumensteigerung für Bodenaustauschmaterial ist beim Einbau des Bodenersatzkörpers zu berücksichtigen. Das oftmals favorisierte Einfüllen von Einkornkies („Riesel“) z.B. der Körnung 16/32, anstatt des lagenweise eingebauten sandigen Kieses, ist aus unserer Sicht kritisch zu betrachten (wegen möglicher Sohlerosion und Einschwemmung von Feinanteilen) .

Beim Aushub ist zu beachten, dass die Aushubsohle keinesfalls durch Niederschläge aufgeweicht werden darf. Ebenso sind Gründungsarbeiten bei Frost zu vermeiden.

Die tatsächlich wirksame Bettungsziffer ist neben den Untergrundverhältnissen von der Dicke und Steifigkeit der Bodenplatten und deren geometrischen Abmessungen abhängig. Werden genaue Angaben erforderlich, können die Bettungsziffern unter Zugrundelegung der in Tab. 7 angegebenen Bodenparameter und unter der Berücksichtigung der tatsächlichen Gründungsform und Belastung wie folgt bestimmt werden:

- k_s = mittlere Bodenpressung/ mittlere Setzung (MN/ m³)

Für eine Bodenplatte (Flachgründung) auf dicht gelagertem Kiesersatzkörper mit mindestens 0,5 m Mächtigkeit über steifem bindigen Untergrund und vollständigem, d. h. tieferem Austausch nicht tragfähiger weicher Zonen, kann die Bettungsziffer überschlägig mit

- k_s = ca. 10 MN/ m³ angesetzt werden.

Für eine Bodenplatte (Flachgründung) auf dicht gelagertem Kiesersatzkörper mit mindestens 0,3 m Mächtigkeit über halbfestem bis festem bindigen Untergrund und vollständigem, d. h. tieferem Austausch nicht tragfähiger weicher Zonen, kann die Bettungsziffer überschlägig mit

- k_s = ca. 15 – 20 MN/ m³ angesetzt werden.

Über Festgesteinsuntergrund (zzgl. Kiesaustauschkörper mindestens 20 cm) kann mit überschlägig 30 - 50 MN/m² gerechnet werden (Nachweis erforderlich).

Die tatsächliche Bettungsziffer ist im Einzelfall für die jeweilige Bodenplatte differenziert zu ermitteln.
Entsprechende Setzungsberechnungen sind durchzuführen.

Auf Grund möglicher Inhomogenitäten des Untergrundes sollten ungleichmäßige Setzungen von
d_s = 1 – 2 cm einkalkuliert werden.
Die Tragfähigkeit des Erdplanums sowie des Gründungsplanums sollte durch baubegleitende ingenieurgeologische Begutachtungen nachgewiesen werden. Neben der visuellen Begutachtung sollten dynamischen Plattendruckversuche und ggf. Rammsondierungen zum Nachweis der Tragfähigkeit durchgeführt werden.

5.2.2 Auftriebssicherheit

Auf Grund des zu erwartenden Schichtwasserzutritts und des Zuflusse von Oberflächensickerwasser in die Tiefgaragenhinterfüllungen wird, auch im Falle einer Hinterfüllung mit bindigem Material, ein druckhafter Wasserkörper entstehen. Ebenso ist von einem Unterlaufen der Bodenplatten mit Wasser auszugehen. Die Auftriebssicherheit der Bauwerke und der Gründungen ist daher nachzuweisen.

5.2.3 Pfähle; Angabe von charakteristischen Mantelreibungs- und Pfahlspitzendruckspannungen

Zur Verankerung der Bodenplatten bzw. Baukörper gegen Auftrieb sind in Abhängigkeit der tragwerksplanerischen Erfordernisse gegebenenfalls Ankerpfähle notwendig.

Ergänzend zur Berechnung nach EC 7 mittels (generell durchzuführender) Probebelastungen (siehe DIN 1054:2010) erfolgt die Angabe der charakteristischen Werte für Pfahlspitzenwiderstand und Bruchwert der Mantelreibung hilfsweise nach DIN 1054:2005.

Der für die Anwendung der Tabellenwerte erforderliche mittels Drucksonde zu messende Spitzenwiderstand q_c wird dabei aus den mittels Schwerer Rammsondierung DPH ermittelten Schlagzahl-Werte auf der Grundlage gutachterlicher Erfahrung und anhand von einschlägigen Tabellenwerken als Äquivalentwertebereich ermittelt. Es wird nicht zwischen Druck- und Zugbelastung unterschieden.

Bei verpressten Mikropfählen gemäß DIN 4128, EC 7 / EA-Pfähle bzw. DIN EN 14199 ist die zulässige Pfahlbelastung aufgrund von Probebelastungen festzulegen. Die Probebelastungen sollen mindestens an zwei Pfählen, jedoch wenigstens an 3 % aller Pfähle durchgeführt werden. Werden Bauwerkspfähle als Probepfähle verwendet, so ist nachzuweisen, dass sie unter der Prüflast keine Verringerung ihrer Tragfähigkeit erleiden. Der Vorbemessung von verpressten Mikropfählen können für die im Baufeld in relevanter Tiefe anstehenden Böden / Schichtkomplexe die nachfolgend beschriebenen Grenzmantelreibungswerte $q_{sl,k}$ zugrunde gelegt werden (Spannen der Erfahrungswerte):

Bindige Böden Homogenbereich B 2 (TM, TL, ST, Konsistenz steif): 0,055 -0,065 MN/m²

Bindige Böden Homogenbereich B 3 (ST-SU, Konsistenz halbfest und fest): 0,095 -0,105 MN/m²

Festgestein Homogenbereich B 5 (Felsklasse SF, KA, mürb und mürb - hart): 0,20 – 0,35 MN/m²

Bei Anwendung der Erfahrungswerte auf Zugpfähle sind Abminderungen erforderlich, es müssen daher immer Pfahlprobebelastungen durchgeführt werden (siehe Handbuch EC 7-1 (44) und Kap. 5.4.1 EA Pfähle)

Für geplante Baugrubenverbauten sind auf Grund der schlechten Rammbarkeit bis Nichtrammbarkeit des tieferen, festen, Untergrundes Bohrpfähle in Form von ausgefachten Spritzbeton-Bohrpfahlwänden oder normalen Bohrpfahlwänden zu empfehlen. Nachfolgend werden die Kennwerte für die Vorbemessung von Bohrpfählen angegeben:

Tab. 10: Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung nach EA Pfähle

	Homogenbereich B3 ST-SU halbfest bis fest Scherfestigkeit $c_{u,k}$ undräniert = 0,15 MN/m²	Homogenbereich B 5 Halbfestgestein SF	
Bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. s/D_b	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ (MN/m²)	Einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ MN/m²	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ (MN/m²)
0,02	0, 60 – 0,75	5 - 12,5 *	2,5 - 3,5
0,03	0,70 -0,90		
0,10	1,20 – 1,50		

Tab. 11: Pfahlmantelreibung nach EA-Pfähle

Homogenbereich B1+B2 TM, UL, TL, ST weich, steif Scherfestigkeit $c_{u,k}$ undräniert = 0,01 MN/m²	Homogenbereich B3 ST, ST-SU halbfest bis fest Scherfestigkeit $c_{u,k}$ undräniert = 0,15 MN/m²	Homogenbereich B 5 Halbfestgestein SF Einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ 5 – 12,5 MN/m² *
Bruchwert der Pfahlmantelreibung q_{sk} für bindigen Boden (MN/m²)		Bruchwert der Pfahlmantelreibung q_{sk} für Fels (Halbfestgestein) (MN/m²)
0,010	0,050 – 0,065	0,2 – 0,3

*mäßig mürb, verwittert bis aufgewittert V2-V3, Annahme

5.3 Gründung von Verkehrswegen und PKW-Stellplätzen

Für Verkehrsflächen sowie PKW-Stellplätze, auch die Tiefgaragenabfahrten, ist ein frostsicherer und ausreichender tragfähiger Unterbau herzustellen. Die oberflächennahen, nicht als frostsicherer Unterbau geeigneten Böden der Homogenbereiche B 1 und B 2 sind vorab bis zu einer bestimmten Tiefe (siehe unten) zu entfernen und durch Frostschutzkies zu ersetzen, um Frostschäden zu vermeiden und um ein tragfähiges Fertigplanum herzustellen.

Es sollte dabei Frostschutzkies (Kornzusammensetzung gemäß ZTV-StB, z.B. Körnung 0/45 mit Schluff/Ton-Feinanteil < 5%, Frostempfindlichkeitsklasse F 1) verwendet werden. Der Einbau eines geogitterverstärkten Filtervlieses der Georobustheitsklasse 3 zwischen Erdplanum und Frostschutzkies ist vorzusehen. Die Gesamtstärke des frostsicheren Unterbaus unter Stellplätzen, Verkehrswegen und Parkplätzen richtet sich unter anderem auch nach der Belastungsklasse und der geforderten Tragfähigkeit, die vom Planer bzw. vom Bauherren festzulegen ist. Hierfür empfehlen wir die Verwendung der RSTO 12. Dabei sind auch die Lasten aus Feuerwehrfahrzeugen in Fußwegen zu beachten.

Das Baugebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II (siehe Karte der Frosteinwirkungszonen in Deutschland der Bundesanstalt für Straßenbau, BAST), es ist für die Bemessung die Frosteinwirkungszone II zu verwenden. Auch ist davon auszugehen, dass die erforderliche Ausgangstragfähigkeit des F3-Erdplanums von mindestens E_{v2}= 45 MN/m² häufig nicht erreicht werden wird. Unseres Erachtens ist daher eine Dicke des Kiesunterbaus von Verkehrsflächen von mindestens 1 m notwendig.

Der Kiesunterbau ist lagenweise einzubauen, die einzelnen Lagen sind auf 100% der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die Mindestlagenstärke richtet sich nach dem eingesetzten Verdichtungsgerät. Wir empfehlen, den Verdichtungsgrad zu kontrollieren bzw. vom Unternehmer nachweisen zu lassen. Hierzu eignen sich u.a. dynamische Lastplattendruckversuche.

5.4 Unterirdische Leitungen und Schächte

Die Gründungssohlen für unterirdische Leitungen in den Homogenbereichen B 1 sind bei weicher Konsistenz nicht ausreichend tragfähig. Hier muss ein tragfähiges Kiespolster unter der Leitungs-Sandbettung her-

gestellt werden. Schachtbauwerke sollen mit einem 40 cm dicken, geotextilummantelten Kiespolster (idealerweise natürliches Brechkornkiesmaterial mit Filtervlies zwischen Brechkornpackung und Sand-/ Rieselbettung) gegründet werden. Davon unabhängig sollen Leitungsrohre möglichst aus elastischem Kunststoffmaterial bestehen. Rohrmuffen und Anschlüsse sollten möglichst beweglich gestaltet werden, da langfristige Setzungen von Schächten trotz Bodenaustausch und Sondergründungsmaßnahmen nicht völlig ausgeschlossen werden können. Schächte liegen im Grundwasserschwankungsbereich bzw. unterhalb des Bemessungswasserstandes und sind auftriebssicher und wasserdicht auszuführen.

6. Bauwerksabdichtung

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse (zeitlich nicht eingrenzbarer Aufstau von Schichtenwasser und Sickerwasser in der Hinterfüllung der Tiefgaragenwände und unter den Bodenplatten) gilt gemäß DIN 18533-1 2017 der Lastfall W2.2-E Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe Im Falle höherer Gründungssohlen ggf. auch W2.1-E Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser </= 3 m Eintauchtiefe. Die entsprechenden Abdichtungsbauweisen sind vorzusehen.

7. Baugrubenböschungen und Wasserhaltung

Die Baugrubenböschungen (bei Baugrubensohle </ = 3 m unter GOK) können ohne weiteren Nachweis in den steifen und halbfesten bindigen Böden sowie im festen Schluff-Ton-Mergel mit 60°, in den weichen Lehmen mit 45°, abgeböscht werden. Ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit der Böschungen nach DIN 4084 wird erforderlich, wenn die Voraussetzungen der Regelböschung nach DIN 4124 nicht mehr gegeben sind. Hierbei darf z.B. die anschließende Hangneigung des Geländes nicht größer als 1 : 10 sein. Auch müssen Fahrzeuge und Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht einen Mindestabstand zwischen Außenkante Aufstandsfläche und Böschungskante von 1 m, Fahrzeuge mit höheren Lasten einen Mindestabstand von 2 m einhalten, um die Regelböschung zuzulassen.

Sind bautechnisch größere Böschungswinkel notwendig, können die Böschungen beispielsweise mit einer konkret zu bemessenden bewehrten Spritzbetonschale gesichert werden, die gegebenenfalls auch verankert werden kann. Da sich die Bodenkennwerte bei Wasserzutritt und Entspannung deutlich verschlechtern können, sind die Baugrubenböschungen mittels Folie oder dergleichen vor Niederschlagswasserzutritt zu schützen. Wir empfehlen die Anwendung der Arbeitshilfe „Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Nach unseren überschlägigen Abschätzungen sind bei derzeitigem Planungsstand, also unter Berücksichtigung der Höhenangaben vom 26.02.2020, im Nordost- und Nordrand des Baugebietes zwischen Wölflstraße bzw. zwischen Birkenstraße und den Häusern 4A und 4B Baugrubentiefen bis zu rund 4,3 m Tiefe zu erwarten (ohne Berücksichtigung Aufzugschächte). Am Ostrand an der Birkenstraße sind es an den bergseitigen Baugrubensohlen bis zu ca. 4,5 m. Aufgrund des nach Süden einfallenden Geländes sind die jeweiligen Südhälften der einzelnen TG-Baugruben nicht so tief ausgebildet. Die Sohltiefen an den Südkanten der jeweiligen Baugruben sind mit zwischen ungefähr 1,5 m bis ca. 3 m unter derzeitiger GOK anzusetzen. An der Westseite der TG-Grundrisse treten bei den notwendigen Aushubtiefen Baugrubentiefen bis ca. 4,2 m Tiefe unter derzeitiger GOK auf. Wir weisen darauf hin, dass sich die Geländehöhe durch die derzeit stattfindende Erschließungsbaustelle (Baustraßen, Lagerflächen) in Teilbereichen im Vergleich zum Zustand unserer Untersuchungen in 2019 möglicherweise noch weiter geändert haben wird. In Abhängigkeit der vorhandenen Abstände zwischen Baugrube und angrenzenden Bauwerken/ Straßen wird nach unserer überschlägigen Abschätzung an der Nordostecke Wölflstraße/ Birkenstraße ein Verbau notwendig, da zu wenig Raum für eine Böschung vorhanden ist. Um die Kosten eines Verbaus einzusparen, ist alternativ die Schaffung von

zusätzlicher Geländeoberfläche für eine Baugrubenböschung in der Bauzeit in Erwägung zu ziehen. Die Kosten einer hierfür erforderlichen Straßenverlegung bzw. Verkehrseinschränkung und ggf. Spartensicherung sowie des Mehraushubs sind dem gegenüberzustellen.

Auf Grund der schlechten bzw. nicht vorhandenen Rammbarkeit des tieferen festen Untergrundes in den Homogenbereich B 5 und B 6 sind rückverankerte Bohrpfahlwände oder rückverankerte Bohrpfähle mit Spritzbetonausfachung eine Möglichkeit zur Baugrubensicherung (Kennwerte siehe Kapitel 5.2.3). Ein Stahlspundwandverbau oder Trägerbohlwandverbau (Berliner Verbau) lässt sich hier nicht, bzw. nur mit aufwändigen Vorbohrungen, verwirklichen.

Hinsichtlich der Frage des bauzeitlichen Wasserzutritts wird ein Wasserzutritt aus wasserführenden Kiesen und Sanden in den nördlichen und nordöstlichen Baugruben-Teilflächen prognostiziert. Auch Fließsandschichten sind möglich. Bei derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass sich die wasserführenden, nicht großflächig zusammenhängenden Kies- und Sandhorizonte nach einer gewissen Zeit entleeren, so dass nur ein geringer Nachfluss zu erwarten ist. Der Nachfluss ist auch stark von den bauzeitlichen Niederschlagsereignissen abhängig. Das Nachbrechen von Baugrubenböschungen auf Grund von an einzelnen Stellen auftretenden Fließsandaustritten ist unseres Erachtens unwahrscheinlich, jedoch in kleinen Teilbereichen nicht gänzlich auszuschließen. Insofern ist ein Verbau die sicherste Variante der Baugrubensicherung.

Das anfallende Schichtwasser kann unseres Erachtens durch eine offene Bauwasserhaltung beseitigt werden. Eine der jeweiligen Baugrubengröße angepasste entsprechend dimensionierte offene Bauwasserhaltung für das anfallende Schicht- und Tagwasser ist erforderlich. Über die anfallenden Wassermengen können beim gegenwärtigen Kenntnisstand keine konkreten Aussagen getroffen werden, da die Schichtwasserverhältnisse sehr variabel sind. Vor allem in den oberen Baugruben (Haus 4A, 4B, 3A, 3B) ist je nach Niederschlagssituation vor und während der Erdarbeiten mit zumindest anfänglich stellenweise erheblichem Wasserandrang zu rechnen. Wir empfehlen, zum Erhalt von genaueren Daten bzgl. des Wasserzuflusses an zwei bis drei Stellen am Nordostrand des geplanten Baufeldes Baggerschürfe zu erstellen und diese hinsichtlich des Wasserandranges über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Die Baggerschürfe sind so auszuführen, dass Pumpversuche und längere Beobachtungen über mehrere Wochen durchgeführt werden können. Es empfiehlt sich hierfür der Einbau von Betonschachtbrunnenringen bis mindestens zur Sohle der wasserführenden Schicht (maximal ca. 4 m).

Für die Wasserhaltung ist der Einbau von Pumpensümpfen in der Baugrube mittels beispielsweise Betonbrunnenringen und Drängräben mit Einkornkies (z.B. „Riesel 16/32“) erforderlich. Überschlägig sind beim gegenwärtigen Kenntnisstand je kleinem TG-Grundriss (Baugruben Häuser 2B, 3B, 4A) 2 Pumpensümpfe, je großem TG-Grundriss (Baugruben Häuser, 2A, 3A, 4B) mindestens 3 bis 4 Pumpensümpfe einzuplanen. In der Baugrube Haus 1 ist voraussichtlich lediglich eine Tagwasserhaltung notwendig. Beim Anlegen der Pumpensümpfe ist zu beachten, dass stellenweise Halbfest- und Festgestein der Homogenbereiche B 5 und B 6 zu lösen ist.

Eine direkte Versickerung des Bauwassers auf dem Baugelände ist auf Grund der schlechten Durchlässigkeit der vorhandenen Schluff-Ton-Böden und auf Grund der quasi nicht vorhandenen Versickerungsfähigkeit des Untergrundes nicht möglich. Das abgepumpte Bauwasser ist über ausreichend Kapazitäten an Absetzbecken und Kiesfiltern zu leiten und am südlichen Ende des Bebauungsplangebietes Birkenstraße West, also ca. 20-30 m südwestlich der Südwestecke der Baugrube TG Haus 1, in den dortigen Stauraumkanal einzuleiten. Es darf ausschließlich klares und schadstofffreies Wasser eingeleitet werden. Eine rechtzeitige Abstimmung mit den Stadtwerken Penzberg ist erforderlich. Die Wasserhaltung bedarf zudem einer wasserrechtlichen Genehmigung, die bei der zuständigen Wasserrechtsbehörde (Landratsamt Weilheim-Schongau) einzuholen ist.

8. Niederschlagswasserversickerung

Die auf dem Baugrundstück anstehenden Böden und Gesteine sind auf Grund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit und auf Grund ihrer sehr geringen Wasseraufnahmefähigkeit nicht zur Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser geeignet. Es ist zu prüfen, ob eine Einleitung in einen eventuell bestehenden Mischwasserkanal erfolgen darf. Soweit uns bekannt ist, entspricht diese Variante in Kombination mit vier Retentionsbecken dem aktuellen Planungsstand. Zur Auswahl und zur exakten Dimensionierung der Niederschlagswasserversickerung ist das Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. in aktuellster Fassung anzuwenden. Die „Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser“ (TRENGW, Herausgeber: BayLfU Dez. 2008) sind zu beachten.

Ein Überflutungsnachweis des Bebauungsgebietes liegt dem Bauherrn vor (Bericht „Baugebiet Birkenstraße – Penzberg, Maßnahmekonzept zum Schutz vor urbanen Sturzfluten, 26.09.2019“, Dr.Blasy-Dr. Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG).

9. Erdbebenzone

Das Bauvorhaben liegt gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01 bzw. laut Erdbebenzonenkarte des GFZ Potsdam, in der Erdbebenzone 0, Untergrundklasse S. Die „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“ ist in der Normenreihe des Eurocode 8 (EN 1998-1 bis 6) geregelt. Auf den stillgelegten Penzberger Pechkohle-Untertageabbau wird hingewiesen. Hierzu liegen im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens dem Bauherren Stellungnahme des Bergamtes Südbayern der Regierung von Oberbayern und des ehemaligen Bergwerkseigentümers e.on SE Land Management & Mining an die Stadt Penzberg vor. Demnach sind auf der Stellungnahme des Bergamtes vom 07.08.2019 keine Hinweise erkennbar, die eine Bebauung ausschließen. Im Schreiben von e.on vom 03.04.2017 wird auf den nördlich des Bebauungsplangebietes gelegenen tagenahen 8also oberflächennahen) Uraltbergbau verwiesen. Im Schreiben von e.on SE wird empfohlen, rechtzeitig vor Baubeginn eine „Einsichtnahme in das amtliche Grubenbild und ggf. weiterer informativer Kartenunterlagen bei der Regierung von Oberbayern....“ durchzuführen. Im Baugebiet selbst seien nach den Unterlagen von e.on weder Schächte noch Tagesöffnungen oder tagenaher Bergbau ausgewiesen. Ob langfristig Stolleneinstürze möglich sind und diese relevante Auswirkungen (Mikroerdbeben) auf das südlich benachbarte Baugebiet haben könnten, kann von uns nicht beurteilt werden.

10. Erdbauarbeiten, Wiederverwendung von Erdaushub

10.1 Erdaushub und Tiefgaragen-Hinterfüllung

Das Erdplanum in den Baugruben und unter den Verkehrswegen sowie in den Leitungsgräben ist jeweils mittels Tieflöffel mit glatter Schneide anzulegen. Eine Auflockerung des Sohlplanums beim Lösen ist zu vermeiden. Die in einigen Bereichen der Gründungssohlen anstehenden Halbfestgesteine sowie die Schluff-, Ton- und Feinsandböden sind teils wasserempfindlich und verändern ihre Festigkeit bei Wasserzutritt. Das freigelegte Erdplanum ist nachhaltig vor Austrocknung, Vernässung und Frost zu schützen, da hierdurch ungünstige Auswirkungen auf die Tragfähigkeit nicht auszuschließen sind. Ein abschnittsweises Vorgehen beim Herstellen der Bodenplatten wird empfohlen.

Das freigelegte Planum darf nicht befahren werden. Bei ungünstigen Witterungseinflüssen ist eine Planumschutzschicht bis unmittelbar vor Einbau der Bodenplatte auf dem Erdplanum zu belassen.

Eine bautechnische Verwendung von bindigen und organischen Böden soll auf Grund der schlechten bautechnischen Eigenschaften im Normalfall nicht erfolgen. Die im Normalfall als Hinterfüllmaterial um die Tiefgaragen einzubauenden sandigen Kiese hoher Verdichtbarkeit besitzen eine starke Dränwirkung. Schicht- und Sickerwasser sammelt sich in den Tiefgaragenhinterfüllungen und unter den TG-Bodenplatten an und kann nur schlecht bis gar nicht abfließen oder versickern. Es ist nicht auszuschließen, dass im Falle einer starken Wasseransammlung im Hinterfüllkies als deren Folge Wasseraustritte an der Geländeoberfläche am Südrand der untersten Tiefgarage (oder evtl. schon weiter oben) stattfinden.

Um die Dränwirkung von Kieshinterfüllungen und von kiesigen Gründungspolstern der Tiefgaragen zu vermindern, ist eine Hinterfüllung der TG-Wände mit den ausgehobenen Lehmen zu überlegen. Diese sind bei geeignetem, nicht zu hohem, Wassergehalt und entsprechender trockener Witterung lagenweise einzubauen und mit geeignetem Verdichtungsgerät (Schaffußwalze) zu verdichten. Zusätzlich ist eine Bodenverbesserung durch Kalkzugabe möglich. Die Arbeitsraumverfüllung erfolgt kraftschlüssig gegen den anstehenden Boden und die Bauwerksaußenseite. Eine mechanische Überbeanspruchung bzw. Beschädigung der Bauwerksabdichtung darf dabei keinesfalls erfolgen. Im Bereich von Wegen und PKW-Stellplätzen, allgemein Flächen mit erhöhten Tragfähigkeitsanforderungen, ist dennoch zusätzlich ein Kieskoffer nach Kap. 5.3 einzubauen. Hier muss zugunsten von Tragfähigkeit und Frostschutz auf die Abdichtungswirkung verzichtet werden.

Große Steine und Blöcke sind vorab aus dem Einbaumaterial auszusortieren.

Sollte regulär mit sandigem Kies hinterfüllt werden, schlagen wir vor, schwer wasserdurchlässige Lehmschläge als Querabschottungen zwischen die TG-Körper einzubauen, um mögliche Wasseraustritte an der Geländeoberfläche an der untersten, südlichsten Tiefgaragenwand oder am südlichen Grundstücksrand zu verhindern. Diese Lehmabschottungen können sinnvollerweise direkt an den jeweils nördlichen TG-Wänden eingebracht werden.

Bezüglich der zeitlichen und räumlichen Reihenfolge des Baugrubenaushubs und des Tiefgaragenbaues scheint ein Vorgehen von der Hangunterseite nach oben, also von Süd nach Nord, im Hinblick auf die Wasserhaltung die günstigere Variante zu sein. Kritische, also wasserführende, Bereiche werden dann erst zu einem späteren Zeitpunkt angetroffen. Eine relevante Beeinflussung der unteren, dann bereits verfüllten/ bebauten Baugruben durch Wasserandrang von den oberen Gruben ist dann nicht gegeben.

Möglicherweise bietet ein entgegengesetzter Baufortschritt von oben nach unten andere wichtige bautechnische und logistische Vorteile, die mit der vorgenannten Variante gegeneinander abzuwägen sind.

10.2 Entsorgung und Wiederverwendung von Erdaushub

Die sensorische Bodenansprache der Schürfe und Bohrungen erbrachte keine Hinweise auf mögliche Schadstoffbelastungen im geplanten Aushubbereich. Die im Rahmen der orientierenden Baugrunderkundung 2016 durchgeführten Schadstoffuntersuchungen im gesamten Bebauungsplangebiet wiesen mit einer Ausnahme (geringfügig erhöhte Mineralölkohlenwasserstoffgehalte im Oberboden in einer Mischprobe) keine entsorgungsrelevant erhöhten Schadstoffgehalte auf. Ebenso zeigen die im Aushubmaterial der Erschließungsmaßnahme des direkt westlich benachbarten Baugebietes (westlicher Teil des Bebauungsplangebietes Birkenstraße West) von uns im Jahr 2019 durchgeführten Abfalldeklarationsuntersuchungen mit zwei Ausnahmen keine entsorgungsrelevanten Schadstoffbelastungen. Die Zuordnungswerte Z0 nach Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüche sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten; BayStMUV 2019 wurden in 27 von 29 Erdaushubhaufwerken eingehalten.

Um den Anforderungen einer gesetzesmäßen Entsorgung gerecht zu werden, ist für die Anlieferung von Erdaushub bei entsprechenden Entsorgungsstellen (z.B. Kiesgruben) mindestens das Ausfüllen eines ord-

nungsgemäßen, entsorgerspezifischen „Herkunftsnachweises“ notwendig. Vorrangig haftet der Bauherr bzw. Grundstückseigentümer für die korrekte Deklaration. Letztendlich bestimmt jedoch die Entsorgungsstelle, ob und welche Schadstoffuntersuchungen notwendig sind.

Auf Grund umweltgesetzlicher Vorgaben an den in der Region in Frage kommenden Entsorgungsstellen für Erdaushub kann vom Entsorger neben dem o.g. Herkunftsnachweis auch ohne begründeten Verdacht eine Schadstoffuntersuchung (abfallrechtliche Deklarationsuntersuchung mittels Haufwerksbeprobungen nach Richtlinie LAGA PN 98, BayLfU Deponie-Info 3 oder DIN 19698 und eine chemische Analytik gemäß Richtlinie „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden) des BayStMUV 2019) auch des offensichtlichen sauberen Aushubmaterials, verlangt werden. Üblicherweise kommt zusätzlich der Parameter TOC (Gesamtkohlenstoffgehalt) und DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) im Eluat zur Bestimmung der organischen Anteile hinzu.

Für die regelkonforme abfalltechnische Deklarationsuntersuchung ist die Bereitstellung des Aushubmaterials, auch Oberboden, auf dem Baugrundstück in Form von klar abgegrenzten Haufwerken erforderlich. Alternativ ist unter bestimmten Voraussetzungen vorab eine insitu-Deklaration des Erdaushubs mittels Baggerschürfen möglich, die jedoch oftmals von der Entsorgungsstelle nicht anerkannt wird. Diesbezüglich ist eine Vorabstimmung mit Erdbauer und Entsorger notwendig. Einzelheiten regelt die umfangreiche Richtlinie „Beprobung von Boden und Bauschutt“ des BayLfU vom November 2017, die auch Hinweise zum rechtskonformen Vorgehen bei der Wiederverwertung von Erdaushub gibt. Hierzu ist auch die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) zu beachten.

Im Baufeld wurde im Rahmen der Erschließungsmaßnahmen des westlichen und südlichen Baugebietes auf einer Fläche von ungefähr 3.000 m² Kies und RC-Beton zur Befestigung der BE-Fläche aufgetragen. Der RC-Beton ist nach Abfalldeklaration als Bauschutt (mindestens Z 1.1-schadstoffbelastet) zu entsorgen oder an geeigneter Stelle als RC-Baustoff zu verwenden. Der Einbau von RC-Bauschutt im Bebauungsgebiet ist nicht statthaft (siehe Kap. 10.3).

Eventuell beim Aushub und bei der Geländefreimachung wider Erwarten sonstiges anfallendes anthropogenes Auffüllmaterial ist getrennt auszuheben und nach einer Abfalldeklarationsuntersuchung zu entsorgen.

Außerdem gilt: Mutterboden ist generell getrennt auszubauen, zu schützen und wiederzuverwenden (§202 BauGB). Erdaushub mit organischen Fremdanteilen (Humus, Graswasen, Wurzeln) ist aufwändiger zu entsorgen als rein mineralischer Erdaushub ohne organische Anteile. Ein getrennter Aushub der oberen braun gefärbten und wurzelreichen Lehmschicht mit mehr Organikanteil ist zu empfehlen.

Allgemeiner Hinweis: Generell führen Bauschutt, Asphaltbruch und sonstige nichtmineralische Fremdanteile im Erdaushub zu Mehrkosten bei der Entsorgung. Einzelheiten regeln die Genehmigungen der jeweiligen Entsorgungsstellen. Wir empfehlen dringend die Trennung dieser Stoffe beim Aushub auf der Baustelle.

Wir weisen vorsorglich darauf hin, dass auch natürliche, vom Menschen unbeeinflusste mineralische und organische Böden in einigen Fällen Stoffe in leicht erhöhten Konzentrationen enthalten können, die eine Einstufung in eine höhere Entsorgungskategorie zur Folge haben.

Eine bautechnische Verwendung von bindigen Böden soll in der Regel auf Grund der schlechten Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit sowie wegen der fehlenden Frostschutzeigenschaften nicht erfolgen. Wie in Kap. 10.1 beschrieben, ist im vorliegenden Fall bei Einhaltung bestimmter Einbaubedingungen die Verwendung von bindigen Böden als Hinterfüllmaterial zur Verminderung der Dränwirkung der Tiefgaragen-Baugruben sinnvoll, wenn die bodenmechanischen Nachteile der Lehmböden in Kauf genommen werden können.

10.3 Verwendung von RC-Baustoffen

Der Einsatz von mineralischen Recyclingbaustoffen als Erdbaustoff ist nur bei qualifizierter Güteüberwachung des Materials bei Schadstoffbelastung kleiner RW 1 (Richtwert RW 1 gemäß Leitfaden „Anforderungen an die Verwendung von Recycling-Baustoffen in technischen Bauwerken“, BayStMUG 2005) und beim Einbau über HHGW (Höchster Grundwasserstand) möglich, sofern der Einbaubereich keine natürliche Bodenfunktion besitzt. Im vorliegenden Fall ist auf Grund der sich nach der Bebauung einstellenden Wasserauffüllung der Tiefgaragengruben und auf Grund des festgelegten HHGW kein Einbau von RC-Baustoffen möglich.

11. Kampfmittel

Gemäß Eurocode 7 DIN EN 1997 ist auf die Notwendigkeit der Erkundung bzw. Bestätigung der Kampfmittelfreiheit des Baugrundstücks hinzuweisen. Es besteht ein Generalverdacht, auch in ländlichen Gebieten, auf das Vorhandensein von Kampfmitteln (Granaten, Bomben, Munition etc.) aus dem 2. Weltkrieg im Untergrund. Wir empfehlen, vor Beginn von Erdaushubmaßnahmen eine entsprechende Luftbildrecherche mit Gefährdungsbeurteilung sowie ggf. die Freimessung des Geländes durch eine nach SprengG zugelassene Fachfirma durchführen zu lassen.

.

Utting, 04.03.2020 Dipl.-Geol. Clemens Mechnig

VERWENDETE LITERATUR, RICHTLINIEN

1. Geologische Karte M 1: 25.000 Bayern, M 1 : 200.000 Bayern ; Umweltatlas Bayern – Geologie ; Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg

2. KEMPFERT & RAITHEL: Bodenmechanik und Grundbau, Berlin 20092.

3. DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

4. DIN 4021 Baugrund; Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

5. DIN 4022 Baugrund und Grundwasser; benennen und Beschreiben von Boden und Fels

6. DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen; Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse

7. DIN 4094 Baugrund; Erkundung durch Sondierungen

8. DIN 18196 Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

9. DIN 1055-2 Einwirkungen auf Tragwerke-Teil2: Bodenkenngrößen

10. DIN 1054-2010 Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

11. Grundbautaschenbuch Teile 1-3, Karl-Josef Witt, Verlag Ernst und Sohn, 2008

12. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen im Straßenbau, ZTVE StB 2012

13. Merkblatt Nr. 3.4/1 des BayLfU „Umweltfachliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von Straßenaufbruch“.

14. Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen; BayStMUV, 2019

15. DIN 18300 – 08/2015: Homogenbereiche

16. DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung- Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden- Teil1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002+ Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002+ A1:2013

17. DIN EN 1997: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 – September 2009.

18. BayLfU-Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“ des BayLfU vom November 2017.

19. Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

20. DIN 18533: 2017 Abdichtung von erdberührten Bauteilen sowie in und unter Wänden

21. Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle, 2. Auflage , Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, Ernst& Sohn 2012

22. Bericht „Baugrunduntersuchung, BV Baugebiet Birkenstraße West, 82377 Penzberg, Flur. Nr. 1172, 1176, 1178 vom 16.08.2016; GEOMECHNIG Ingenieur- und Planungsbüro Dipl.Geol. Clemens Mechnig, Gartenstraße 32, 86938 Schondorf

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Höhe mNN
DPH 1 / RKS 1	4452859,38	5291847,55	611,309
DPH 2 / RKS 2	4452914,67	5291850,10	612,284
DPH 3 / RKS 3	4452916,95	5291826,15	610,893
DPH 4 / Schurf S 4	4452820,16	5291843,85	609,478
DPH 5 / RKS 5	4452916,91	5291816,34	610,200
DPH 6 / Schurf S 6	4452919,21	5291791,39	607,616
DPH 7 / RKS 7	4452920,26	5291783,21	606,909
DPH 8 / Schurf S 8	4452921,06	5291759,19	604,842
DPH 9 / RKS 9	4452879,91	5291766,88	606,223
DPH 10 / RKS 10	4452877,00	5291754,89	605,258
DPH 11 / RKS 11	4452863,94	5291744,08	604,219
DPH 12 / RKS 12	4452904,24	5291744,39	603,607
DPH 13 / RKS 13	4452829,35	5291710,75	601,688
DPH 14 / RKS 14	4452849,94	5291820,56	609,421
DPH 15 / RKS 15	4452877,60	5291814,58	609,928
DPH 16 / Schurf S 16	4452891,73	5291718,77	602.042
DPH 17 / Schurf S 17	4452830,26	5291734,58	602,857
DPH 18	4452838,48	5291745,94	603,829
DPH 19 / Schurf S 19	4452827,09	5291769,91	605,155
DPH 20	4452825,00	5291779,79	605,599
DPH 21 / Schurf S 21	4452820,80	5291804,58	607,231
DPH 22	4452820,28	5291816,96	607,945
DPH 23	4452877,67	5291786,52	607,861

Legende:

- Kleinrammbohrung RKS und Rammsondierung DPH
- Schurf S und Rammsondierung DPH
- Rammsondierung DPH
- Kleinrammbohrung RKS

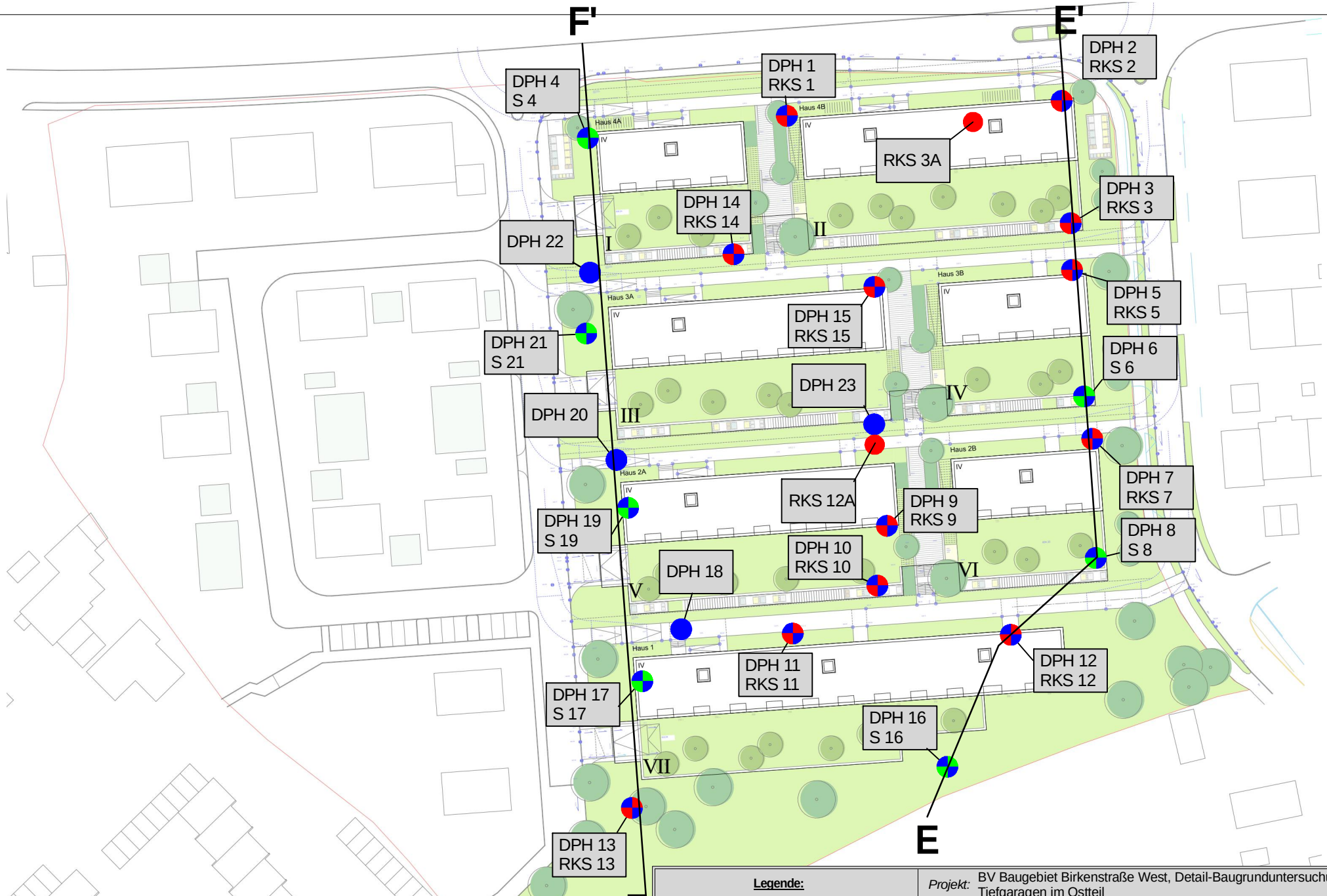
Projekt:	BV Baugebiet Birkenstraße West, Detail-Baugrunduntersuchung Tiefgaragen im Ostteil
Inhalt:	Lage der Baggerschürfe, Rammsondierungen und Kleinrammbohrungen
Maßstab: 1:1000	*Auftraggeber:* Stadt Penzberg Stadtbauamt, Karlstraße 25, 82377 Penzberg
Datum: 26.02.2020	
Plangrundlage: Bayernatlas/AG	GEO MECHNIG, Industriestraße 23, 86919 Utting am Ammersee, Tel. 08806 - 959076-0
Anlage 1.0	

Legende:

- *Schluff-Ton-Böden Homogenbereich B1*
- *Schluff-Ton-Böden Homogenbereich B2*
- *Schluff-Ton-Böden Homogenbereich B3*
- *Kies und/ oder Sand Homogenbereich B 4*
- *Halbfest- und Festgestein Homogenbereich B5 oder/ und B6*
- *Halbfest- und Festgestein Homogenbereich B5 oder/ und B6 in Gründungssohle Aufzugschacht*

Die Darstellung ist modellhaft und stark schematisch. Abweichungen in der Natur sind zu erwarten.

Projekt:	BV Baugebiet Birkenstraße West, Detail-Baugrunduntersuchung Tiefgaragen im Ostteil
Inhalt:	Prognostizierte Homogenbereiche in geplanter Gründungstiefe UG/ TG
Maßstab: 1:1000	*Auftrag-geber:* Stadt Penzberg Stadtbauamt, Karlstraße 25, 82377 Penzberg
Datum: 26.02.2020	
Plangrundlage: Auftraggeber	GEO MECHNIG, Industriestraße 23, 86919 Utting am Ammersee, Tel. 08806/959076-0
Anlage 1.1	

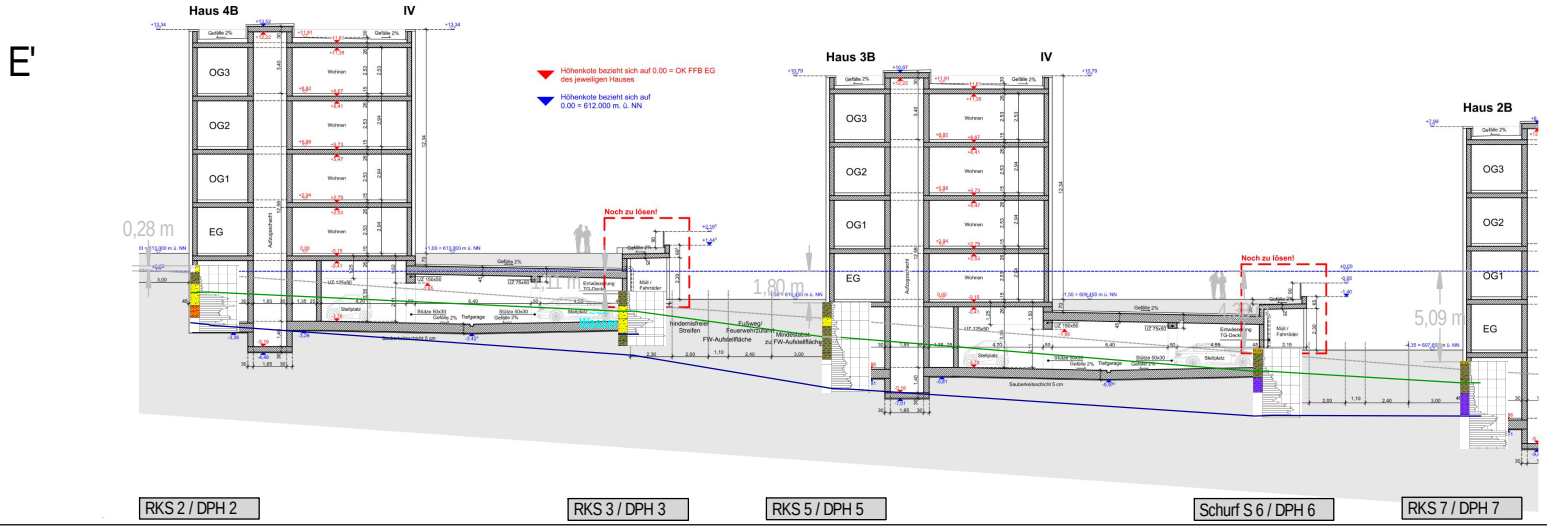


Legende:

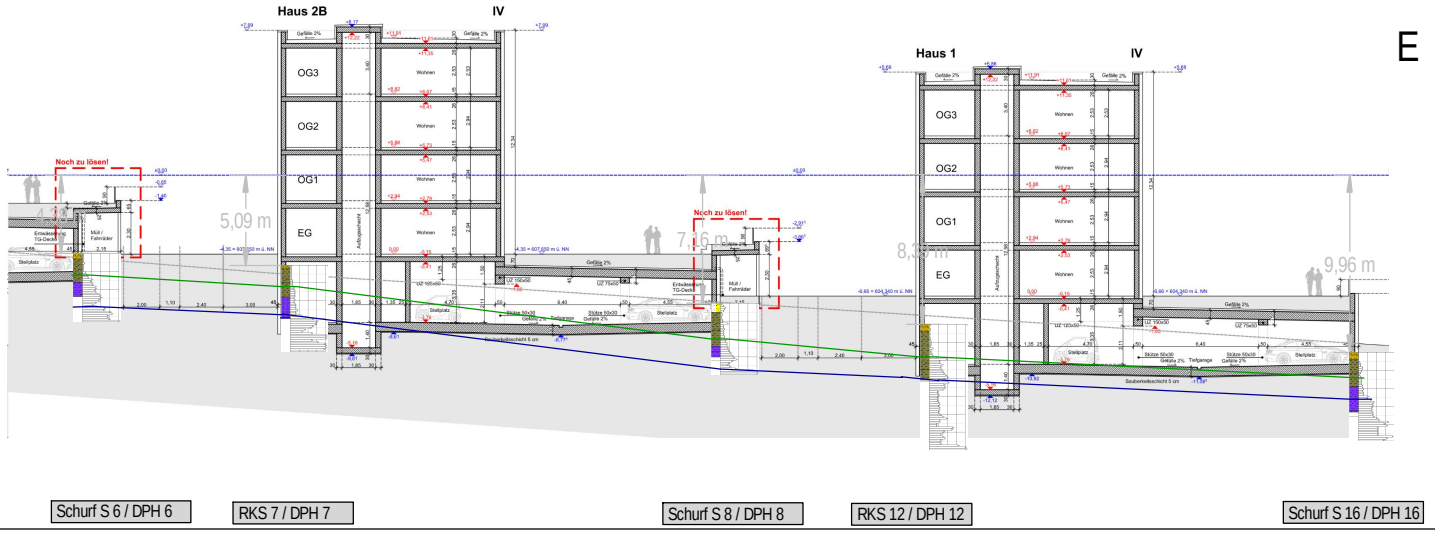
- Kleinrammbohrung RKS und Rammsondierung DPH
- Schurf S und Rammsondierung DPH
- Rammsondierung DPH
- Kleinrammbohrung RKS

Projekt:	BV Baugebiet Birkenstraße West, Detail-Baugrunduntersuchung Tiefgaragen im Ostteil
Inhalt:	Profillinien
Maßstab: 1:1000	*Auftraggeber:* Stadt Penzberg Stadtbauamt, Karlstraße 25, 82377 Penzberg
Datum: 26.02.2020	
Plangrundlage: Bayernatlas/AG	GEO MECHNIG, Industriestraße 23, 86919 Utting am Ammersee, Tel. 08806 - 9590760
Anlage 1.2	

Querschnitt E-E'
Spange B



Querschnitt E-E'
Spange B



Legende:

Interpolation Unterkante Homogenbereich B1
(S 16, RKS 12, S 8, RKS 7, S 6 bzw. RKS 7, S 6, RKS 5, RKS 3 und RKS 2)

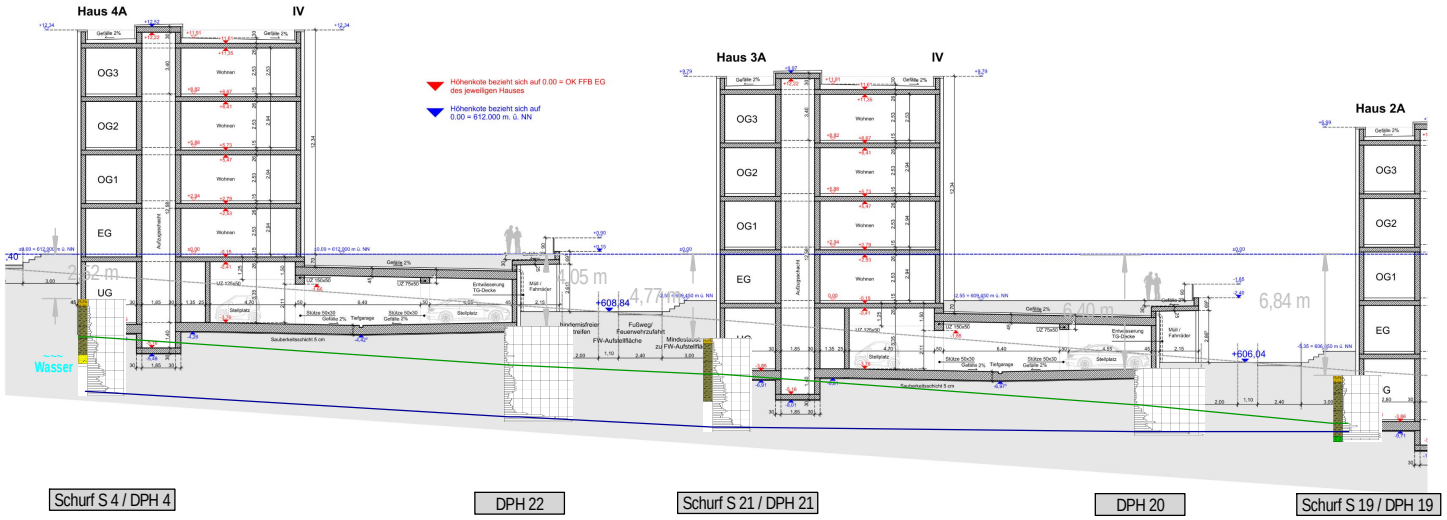
Interpolation Oberkante Homogenbereich B5
(S 16, RKS 12, S 8, RKS 7, S 6 bzw. RKS 7, S 6, RKS 5, RKS 3 und RKS 2)

Wasser — Schichtwasser

Projekt:	**BV Baugebiet Birkenstraße West, Detail-Baugrunduntersuchung Tiefgaragen im Ostteil**
Inhalt:	Querschnitt E-E' - Spange B
Maßstab: 1:300	*Auftrag-geber:* Stadt Penzberg Stadtbauamt, Karlstraße 25, 82377 Penzberg
Datum: 26.02.2020	
Plangrundlage: AG	GEO MECHNIG, Industriestraße 23, 86919 Utting am Ammersee, Tel./Fax 08806 9590760
Anlage 1.3	

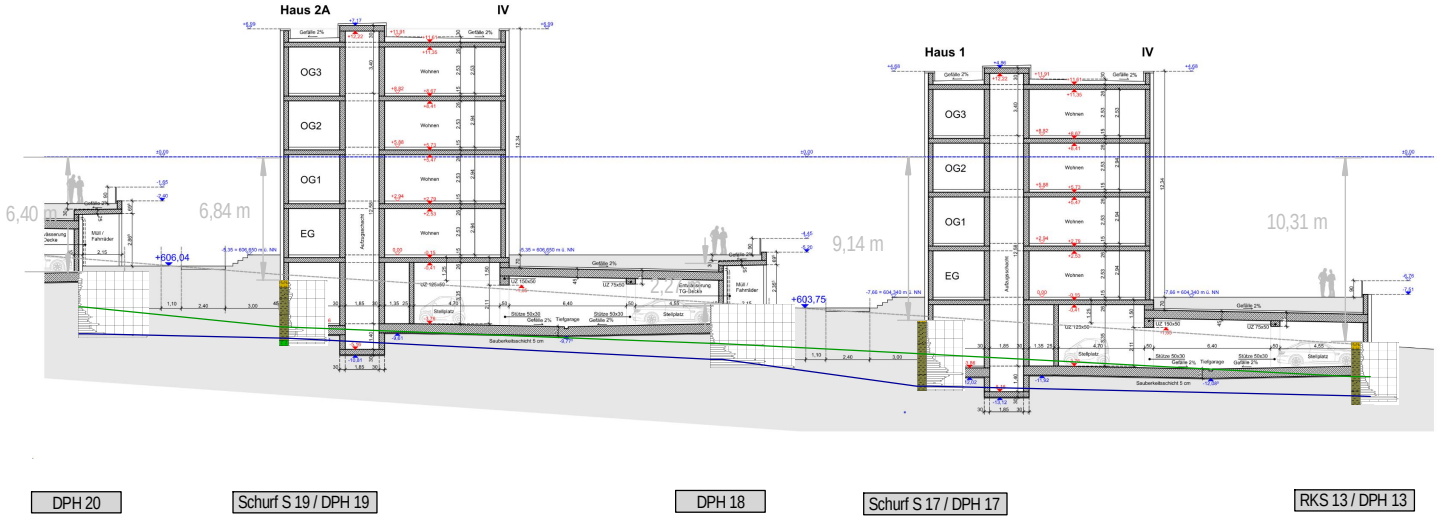
Querschnitt F'-F
Spange A

F'



Querschnitt F'-F
Spange A

F



Legende:

Interpolation Unterkante Homogenbereich B1
(S 4, DPH 22, S 21, DPH 20, S 19 bzw. DPH 20, S 19, DPH 18, S17, RKS 13)

Interpolation Oberkante Homogenbereich B5
(S 4, DPH 22, S 21, DPH 20, S 19 bzw. DPH 20, S 19, DPH 18, S17, RKS 13)

Wasser — Schichtwasser

Projekt:	**BV Baugebiet Birkenstraße West, Detail-Baugrunduntersuchung Tiefgaragen im Ostteil**
Inhalt:	Querschnitt F'-F - Spange A
Maßstab: 1:300	*Auftrag-geber:* Stadt Penzberg Stadtbauamt, Karlstraße 25, 82377 Penzberg
Datum: 26.02.2020	
Plangrundlage: AG	GEO MECHNIG, Industriestraße 23, 86919 Utting am Ammersee, Tel./Fax 08806 9590760
Anlage 1.4	

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 21.10.2019

Boden- und Felsarten

- Fels, Z
- Tonstein, Tst
- Kies, G, kiesig, g
- Feinsand, fS, feinsandig, fs
- Schluff, U, schluffig, u
- Sandstein, Sst
- Auffüllung, A
- Mutterboden, Mu
- Mittelsand, mS, mittelsandig, ms
- Sand, S, sandig, s
- Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich

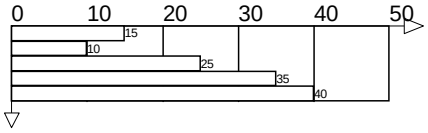
f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
_ - stark (30-40%)

Rammdiagramm

Schlagzahl N_{10} für 10 cm Eindringtiefe



Bodengruppen nach DIN 18196

GE	enggestufte Kiese
GI	Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische
SW	weitgestufte Sand-Kies-Gemische
GU	Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm
GT	Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm
SU	Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm
ST	Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm
UL	leicht plastische Schluffe
UA	ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff
TM	mittelplastische Tone
OU	Schluffe mit organischen Beimengungen
OH	grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art
HN	nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)
F	Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gyttja, Dy, Sapropel)
A	Auffüllung aus Fremdstoffen
GW	weitgestufte Kiese
SE	enggestufte Sande
SI	Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische
GU*	Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
GT*	Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
SU*	Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
ST*	Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm
UM	mittelplastische Schluffe
TL	leicht plastische Tone
TA	ausgeprägt plastische Tone
OT	Tone mit organischen Beimengungen
OK	grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen
HZ	zersetzte Torfe
[ ]	Auffüllung aus natürlichen Böden

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 21.10.2019

Proben

P1 1,00 Sonderprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

WP1 1,00 Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

HS1 1,00 Head-Space Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

KE1 1,00 Kunststoffeimer Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

K1 1,00 Bohrkern Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

GL1 1,00 Probenglas Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

SZ1 1,00 Stechzylinder Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

Grundwasser

1,00
16.12.2019 Grundwasser am 16.12.2019 in 1,00 m unter Gelände angebohrt

1,00
16.12.2019 Grundwasser nach Beendigung der Bohrarbeiten am 16.12.2019

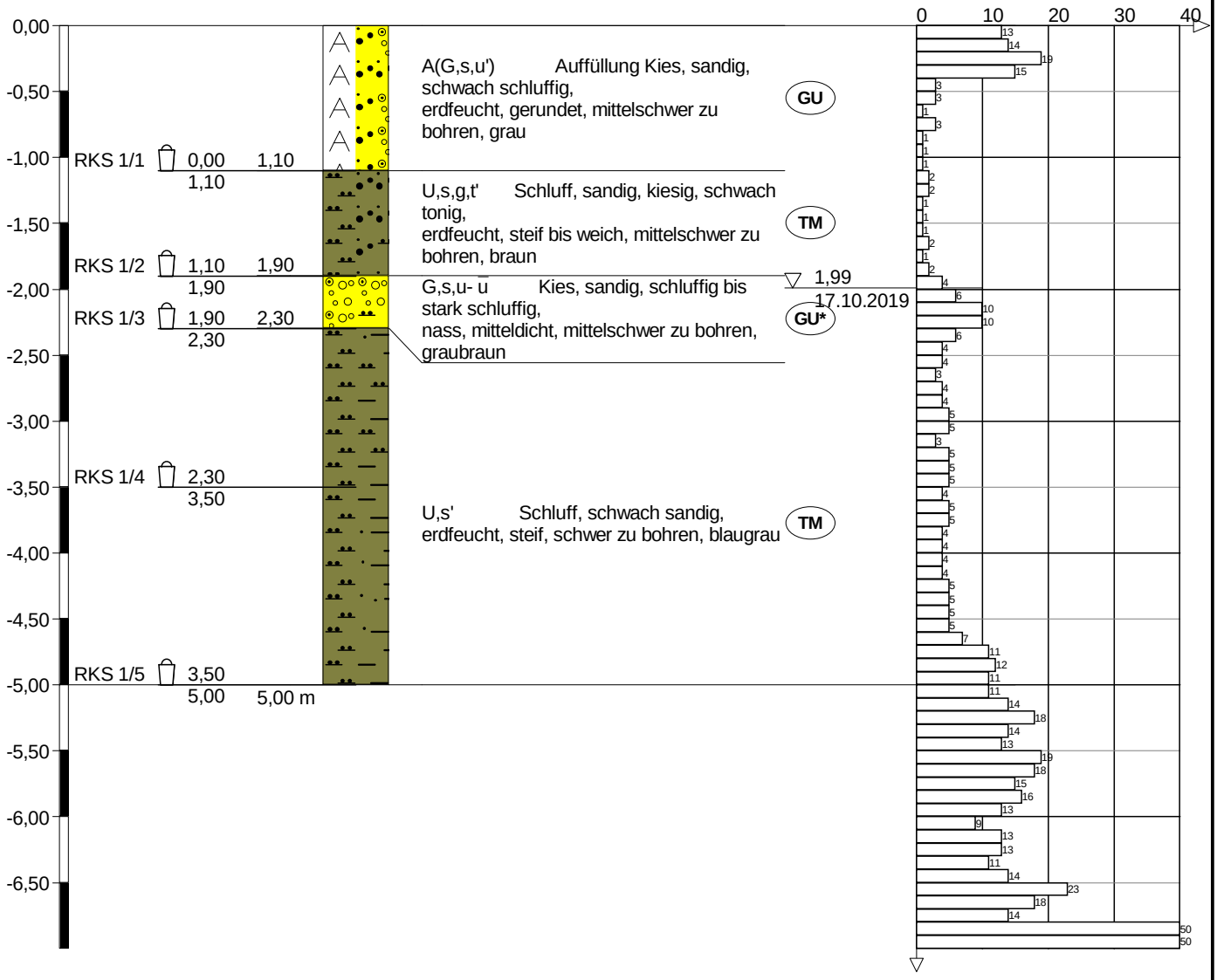
1,00
16.12.2019 Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände

1,00
16.12.2019
1,80 Grundwasser in 1,80 m unter Gelände angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m unter Gelände am 16.12.2019

1,00
16.12.2019 Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 17.10.2019

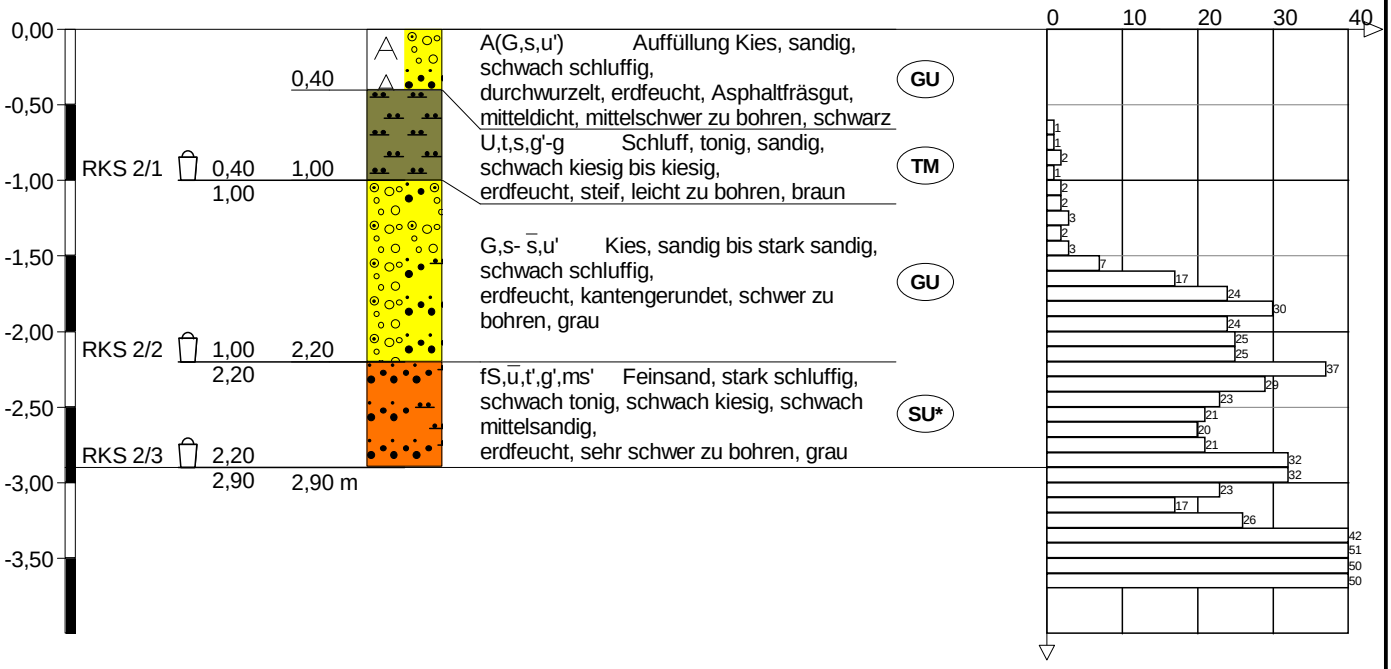
RKS 1 (611,31 mNN) ***DPH 1***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 17.10.2019

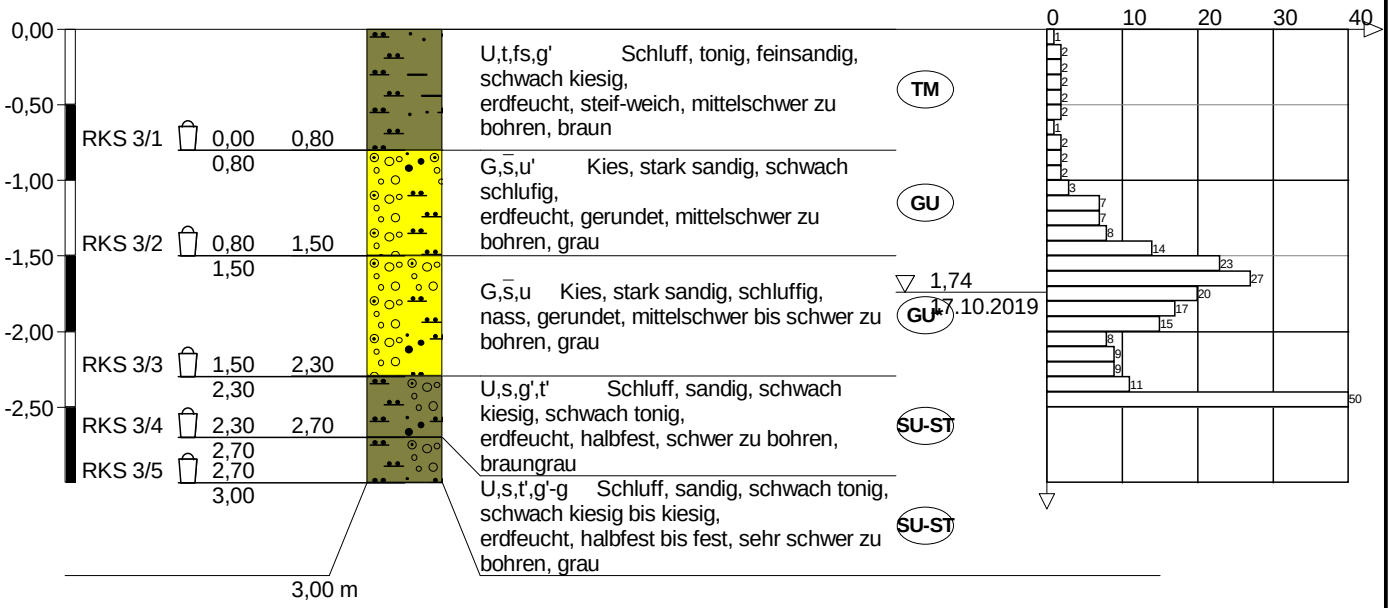
RKS 2 (612,28 mNN) ***DPH 2***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 17.10.2019

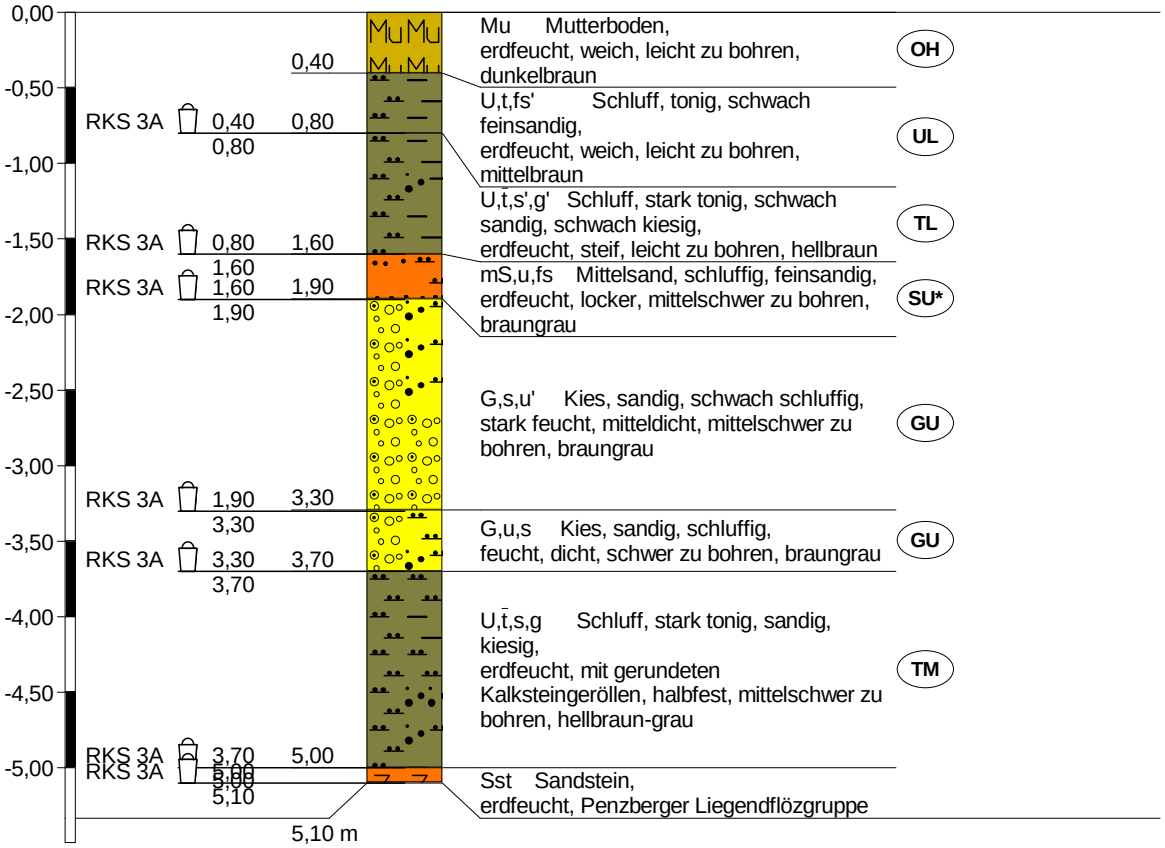
RKS 3 (610,89 mNN) ***DPH 3***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 14.07.2016

RKS 3 A (612,20 mNN)

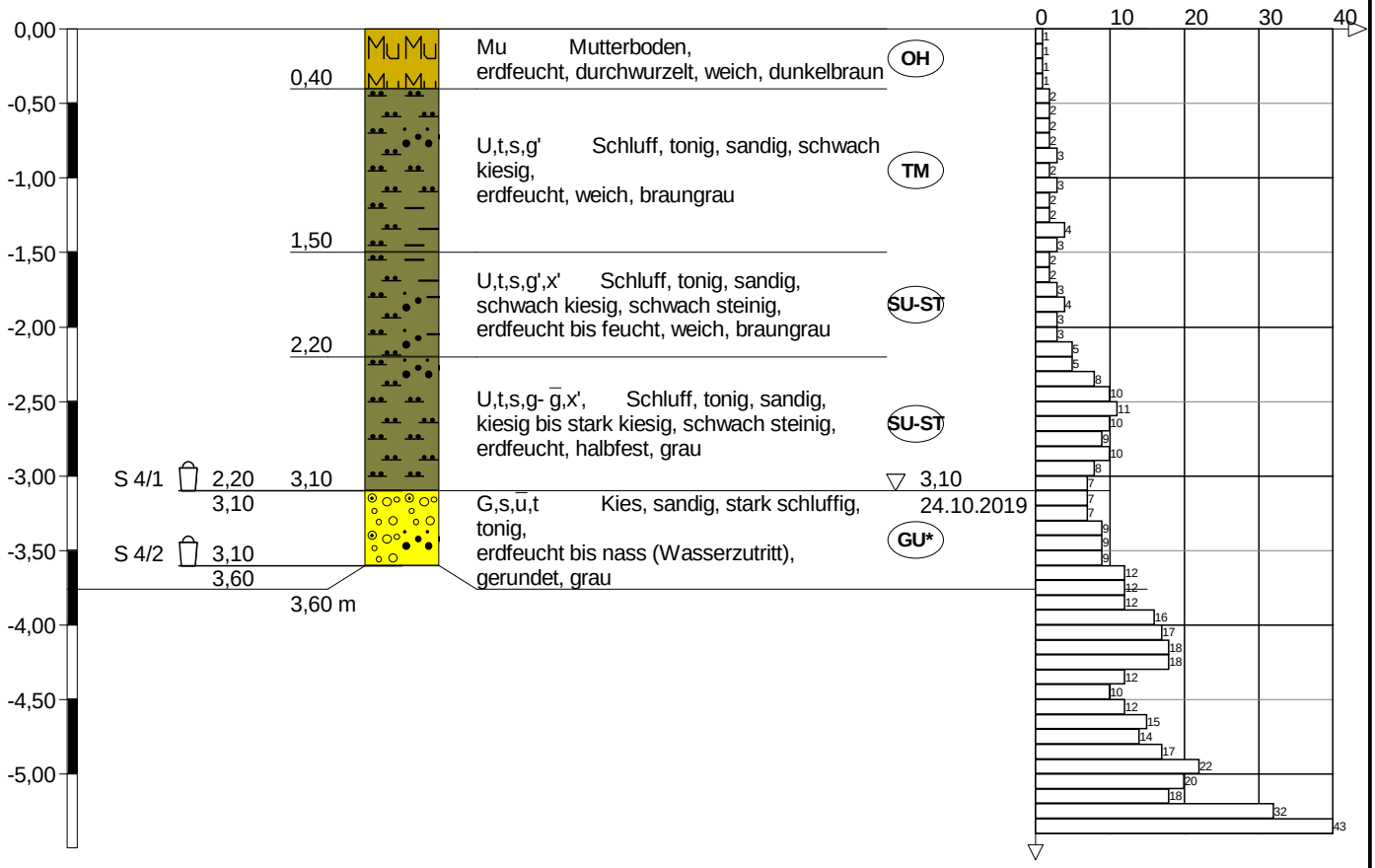


kein weiterer Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

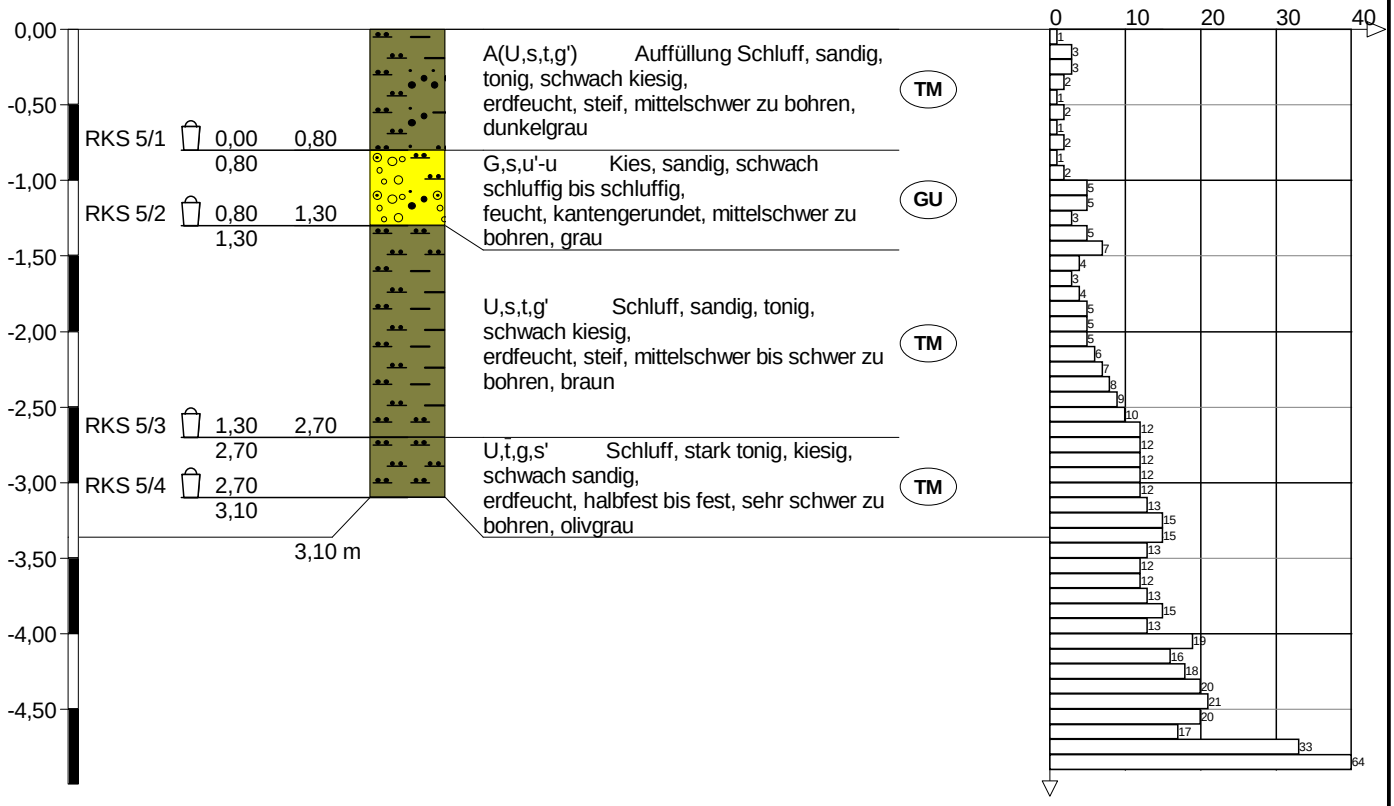
Schurf S 4 (609,48 mNN) ***DPH 4***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 21.10.2019

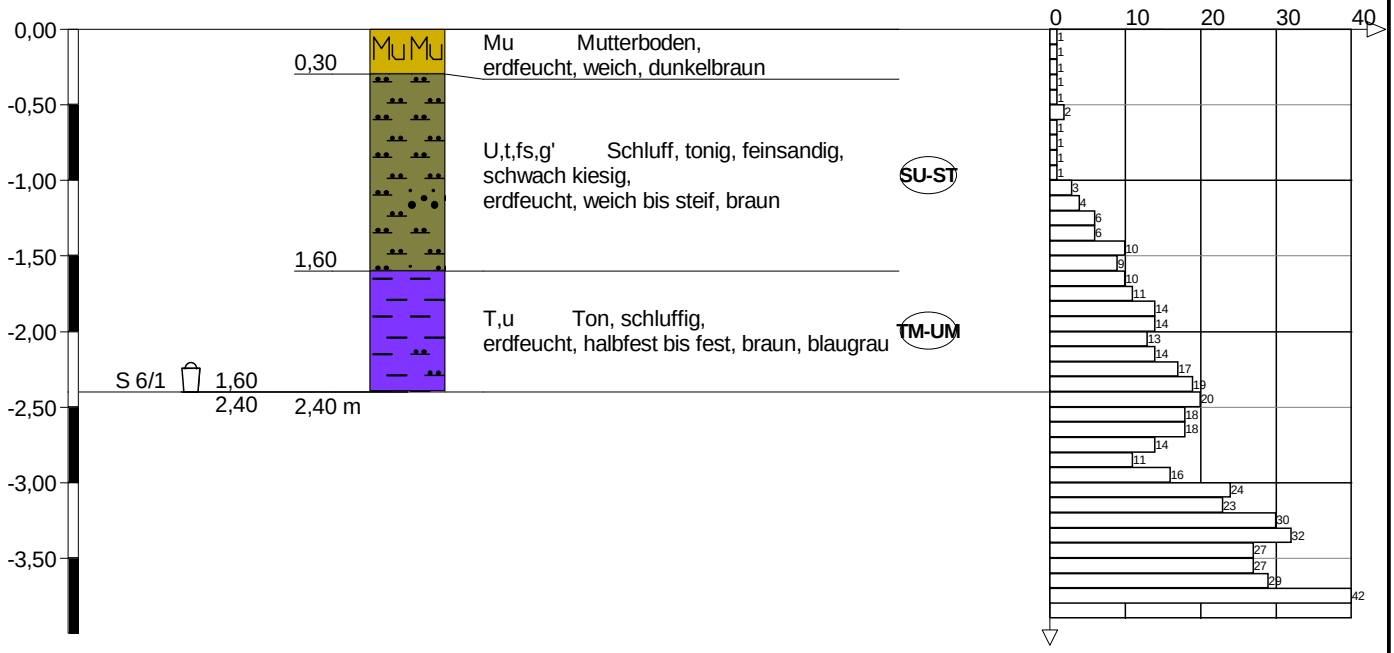
RKS 5 (610,20 mNN) ***DPH 5***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

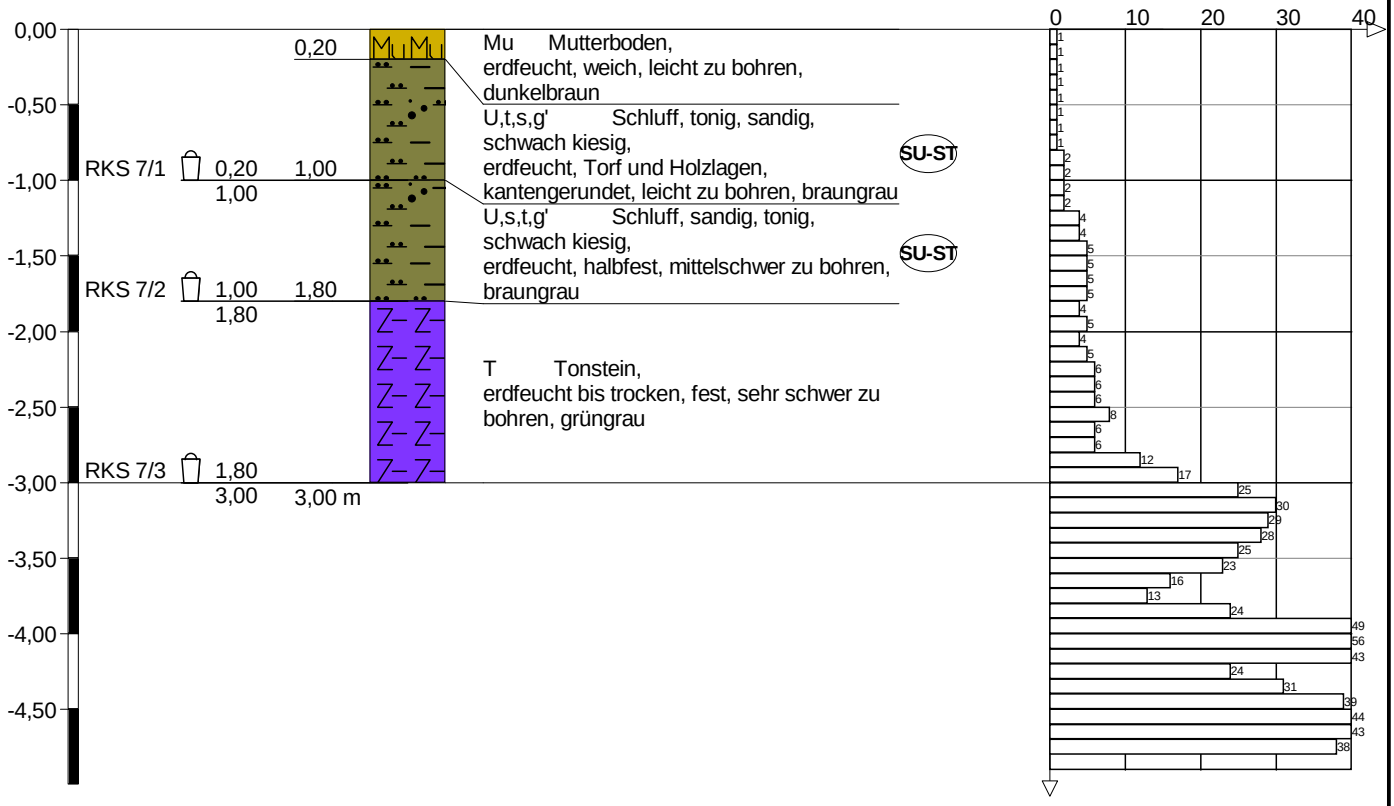
Schurf S 6 (607,62 mNN) ***DPH 6***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

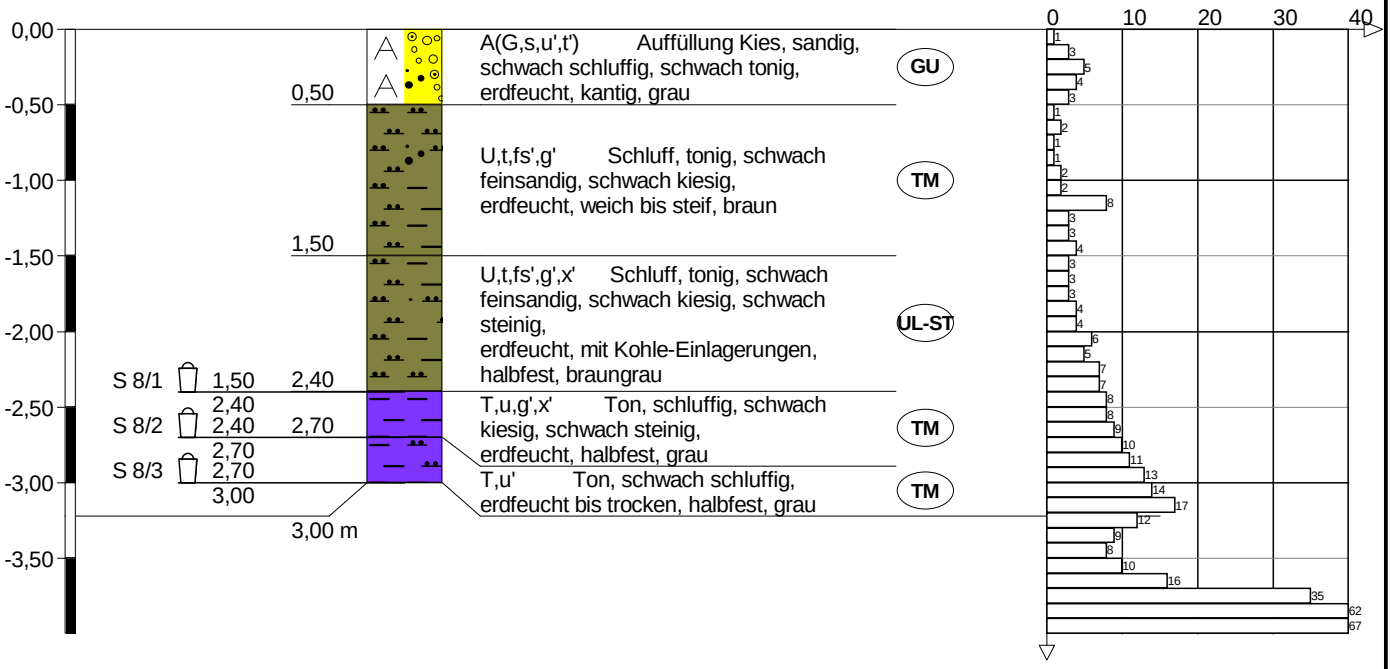
RKS 7 (606,91 mNN) ***DPH 7***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

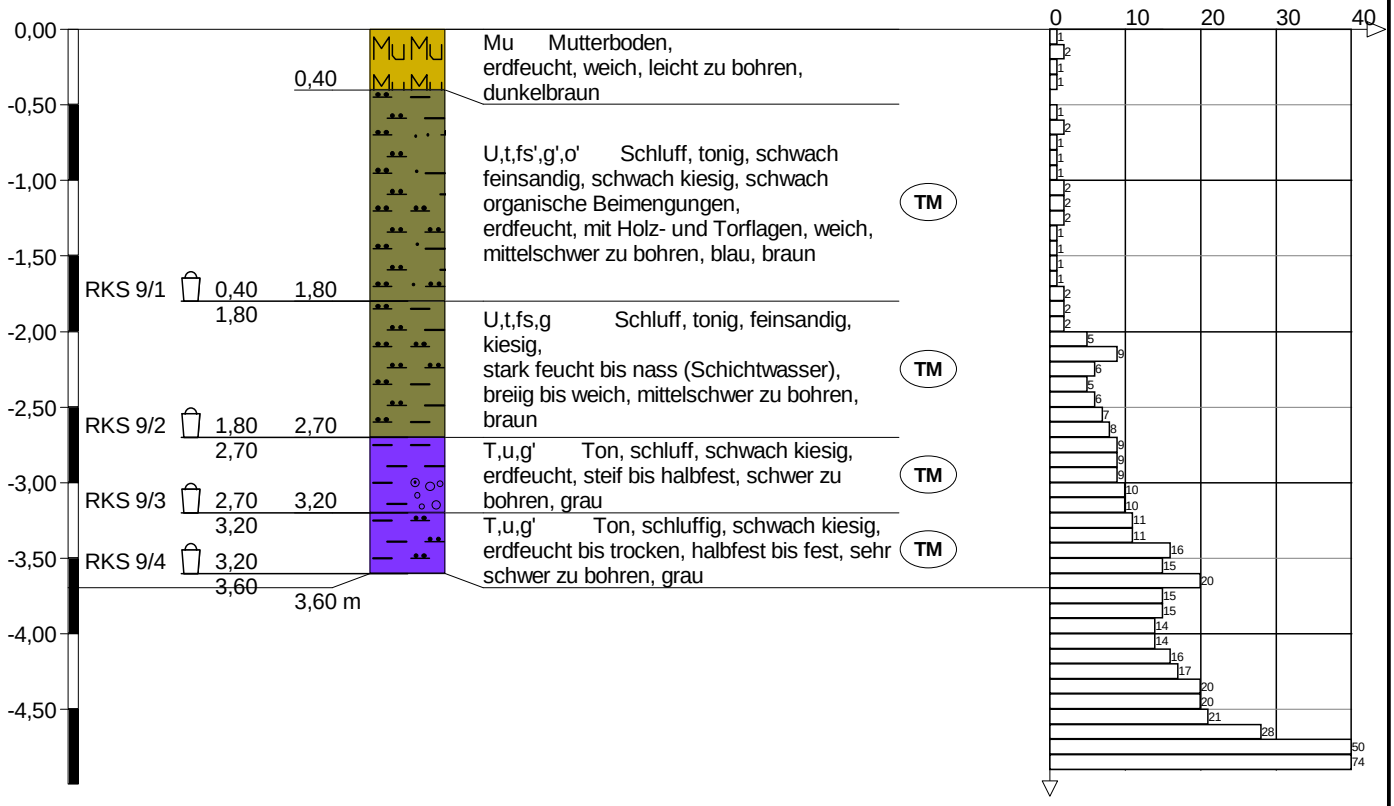
Schurf S 8 (604,84 mNN) ***DPH 8***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

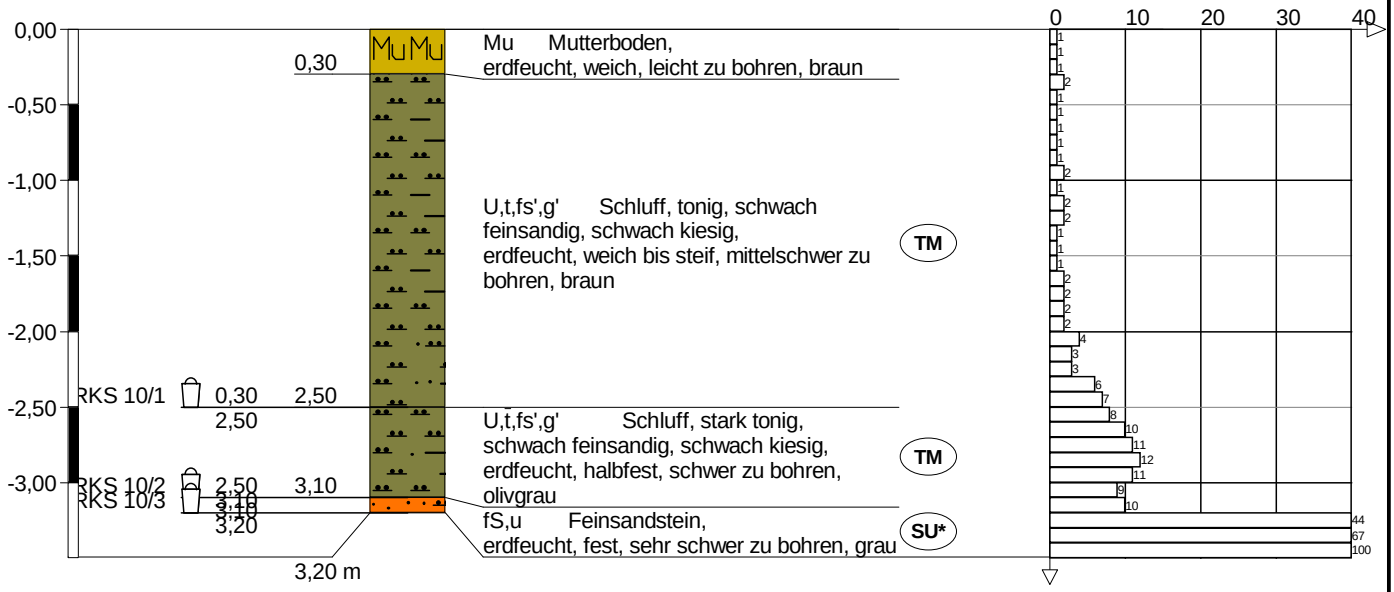
RKS 9 (606,22 mNN) ***DPH 9***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

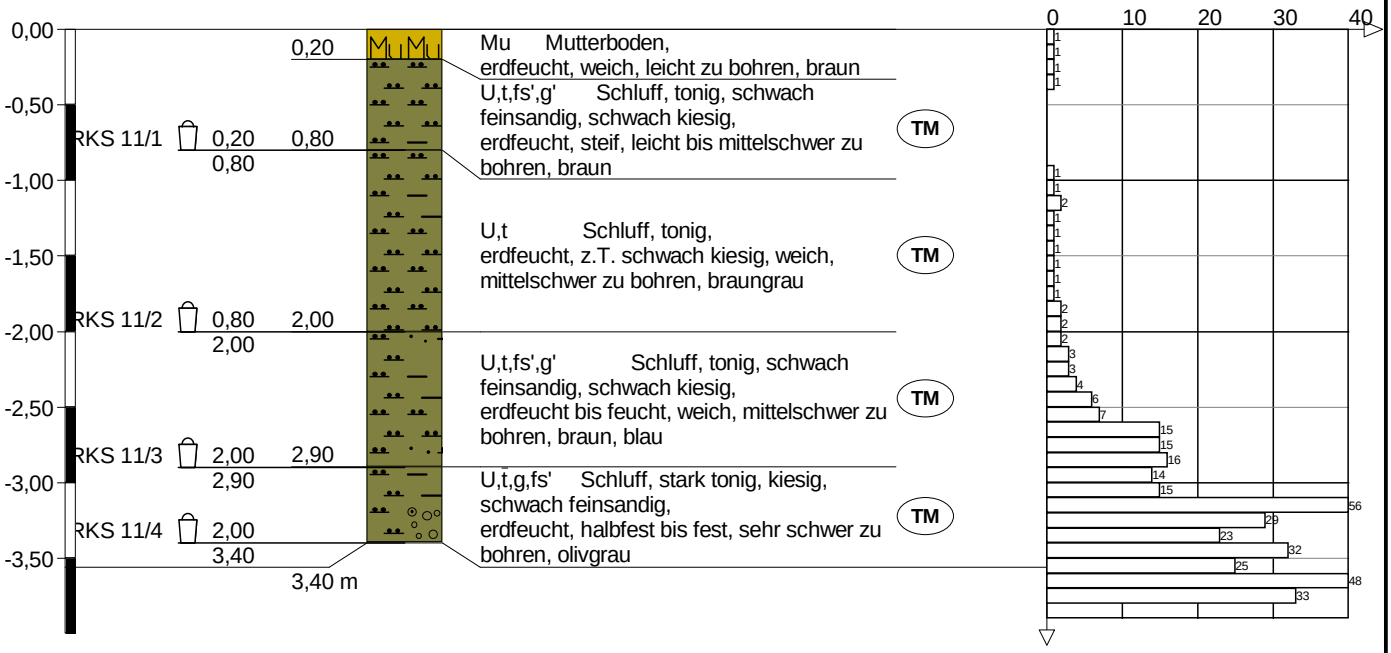
RKS 10 (605,26 mNN) ***DPH 10***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

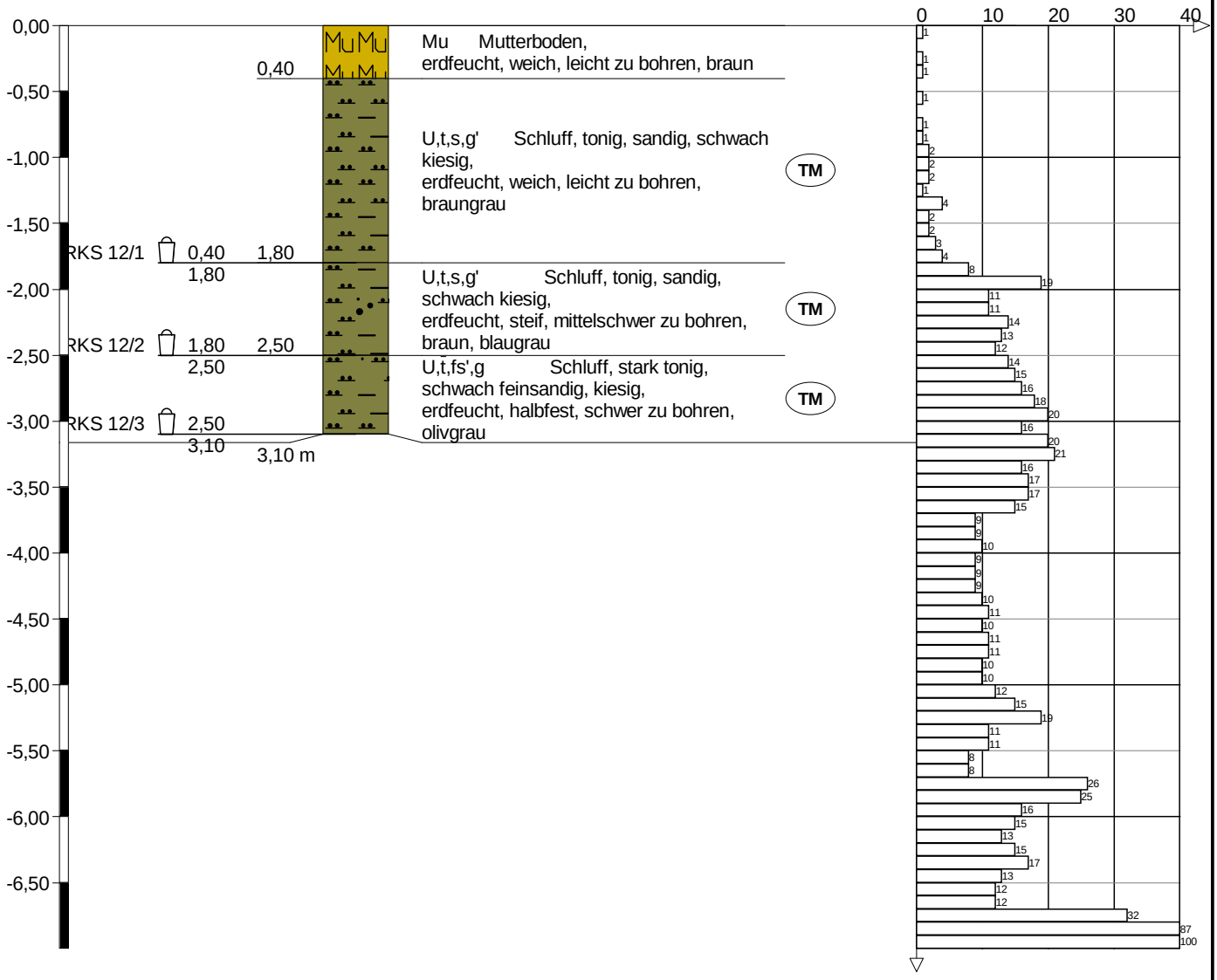
RKS 11 (604,22 mNN) ***DPH 11***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

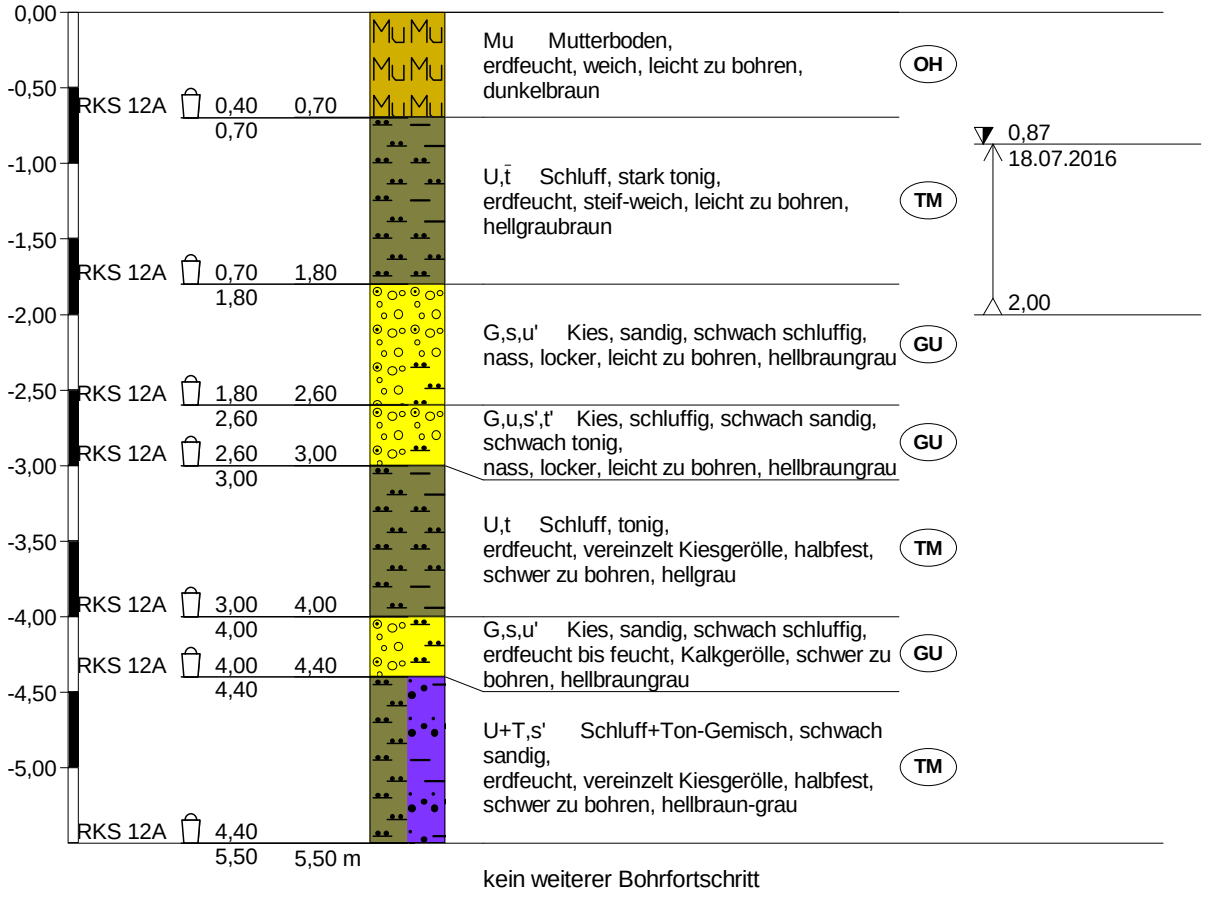
RKS 12 (603,61 mNN) ***DPH 12***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 18.07.2016

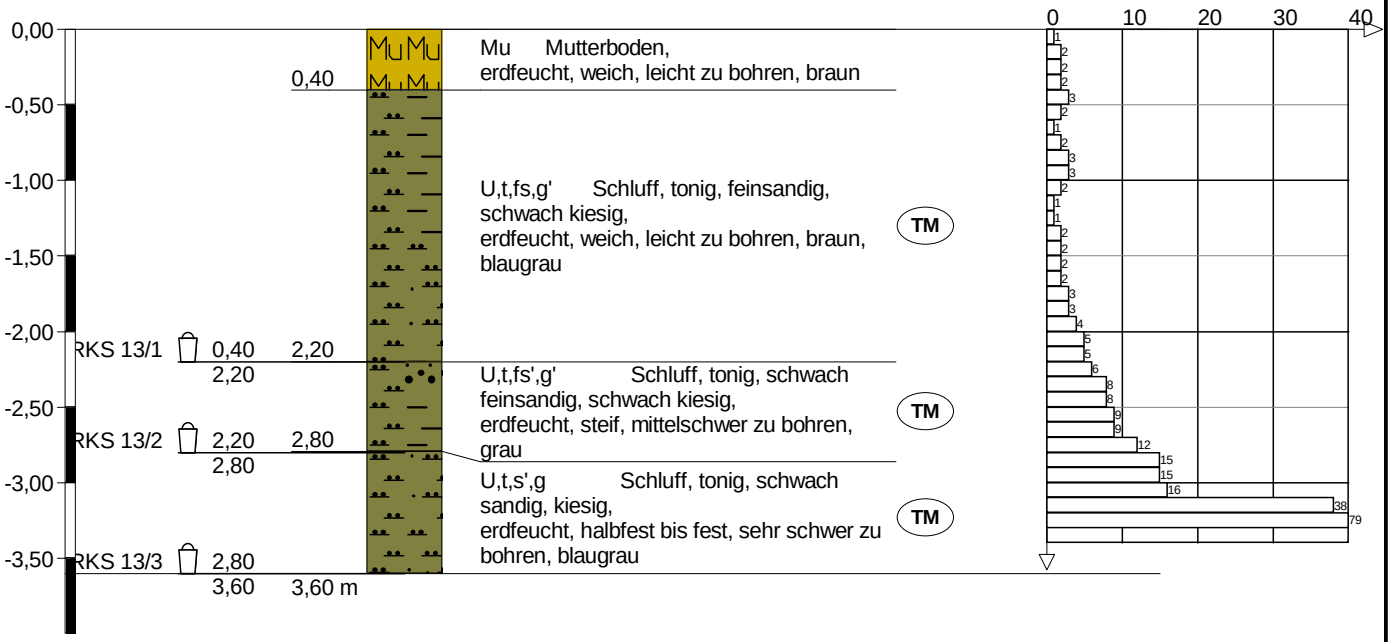
RKS 12 A (607,50 mNN)



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

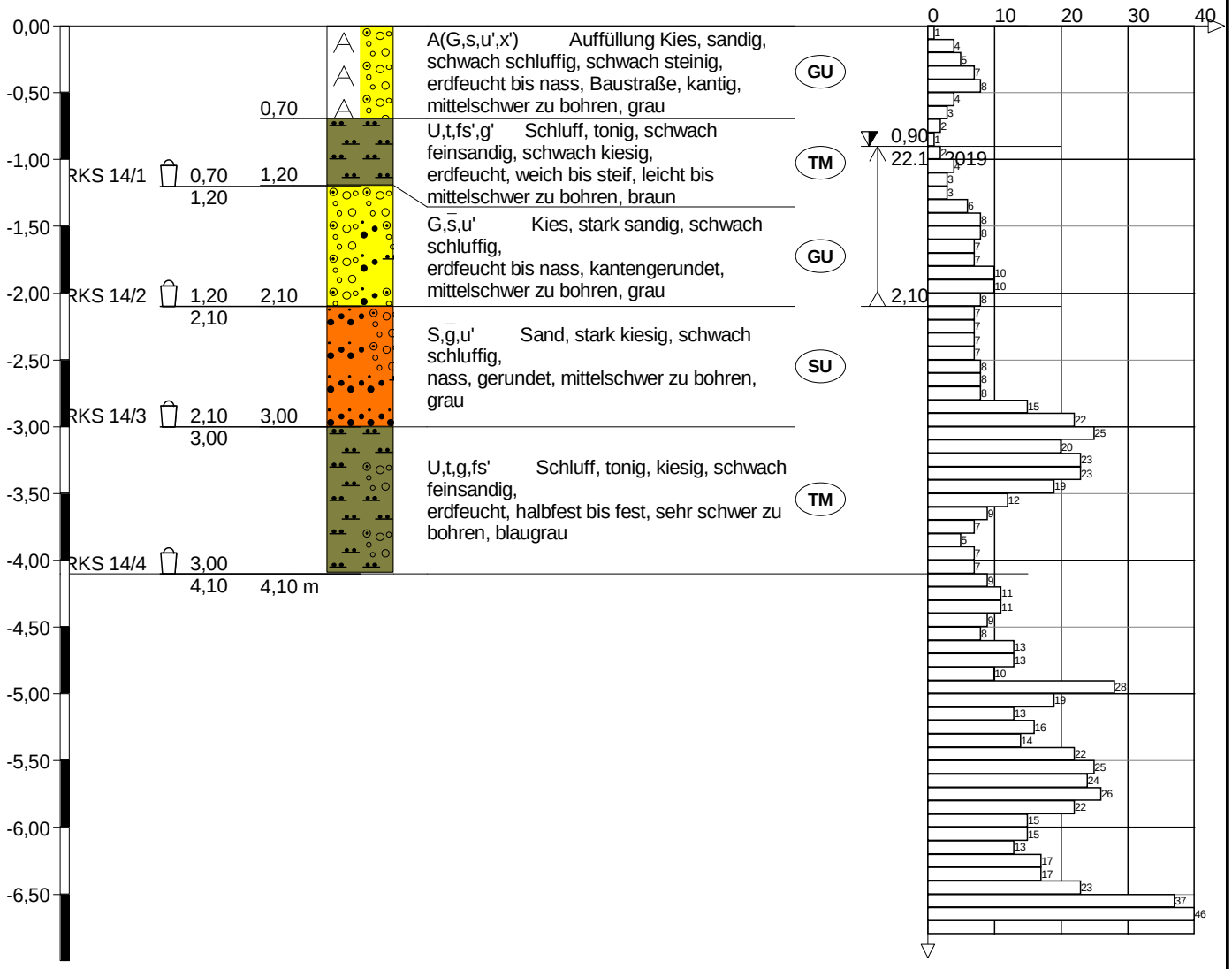
RKS 13 (601,69 mNN) ***DPH 13***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

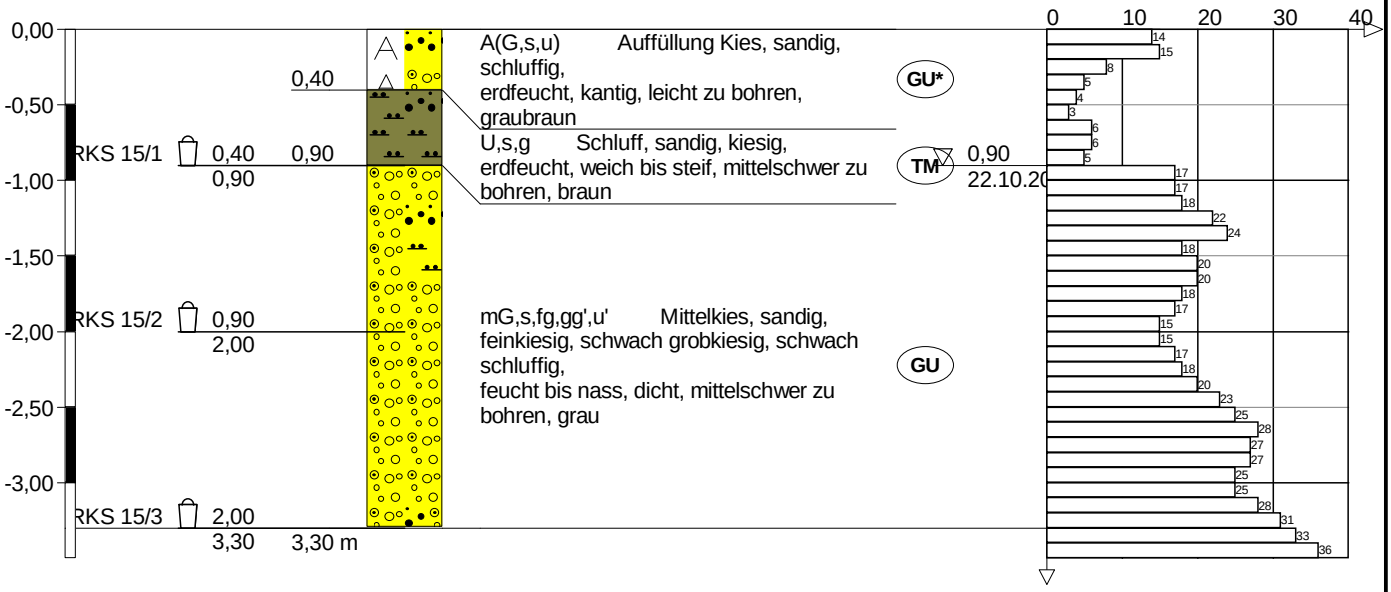
RKS 14 (609,42 mNN) ***DPH 14***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 22.10.2019

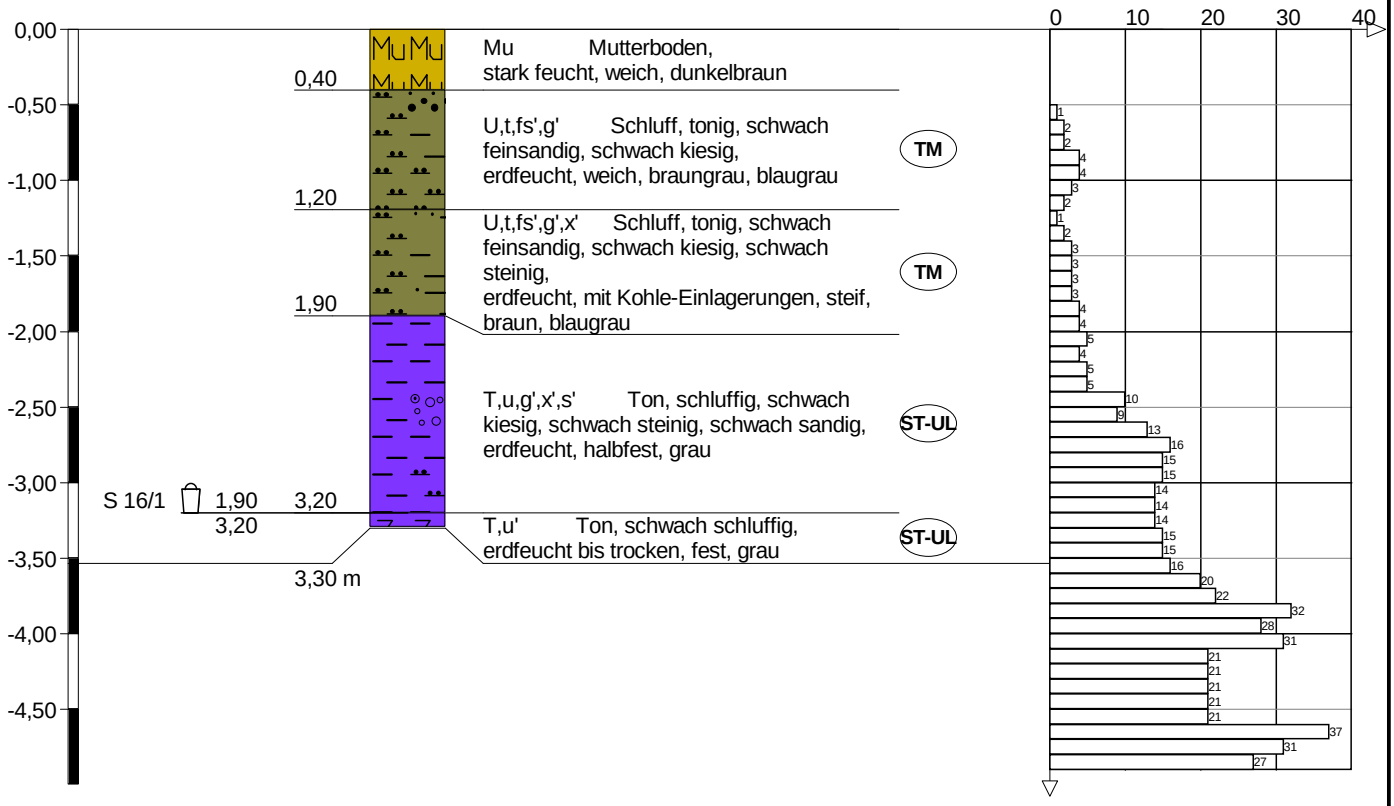
RKS 15 (606,92 mNN) ***DPH 15***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

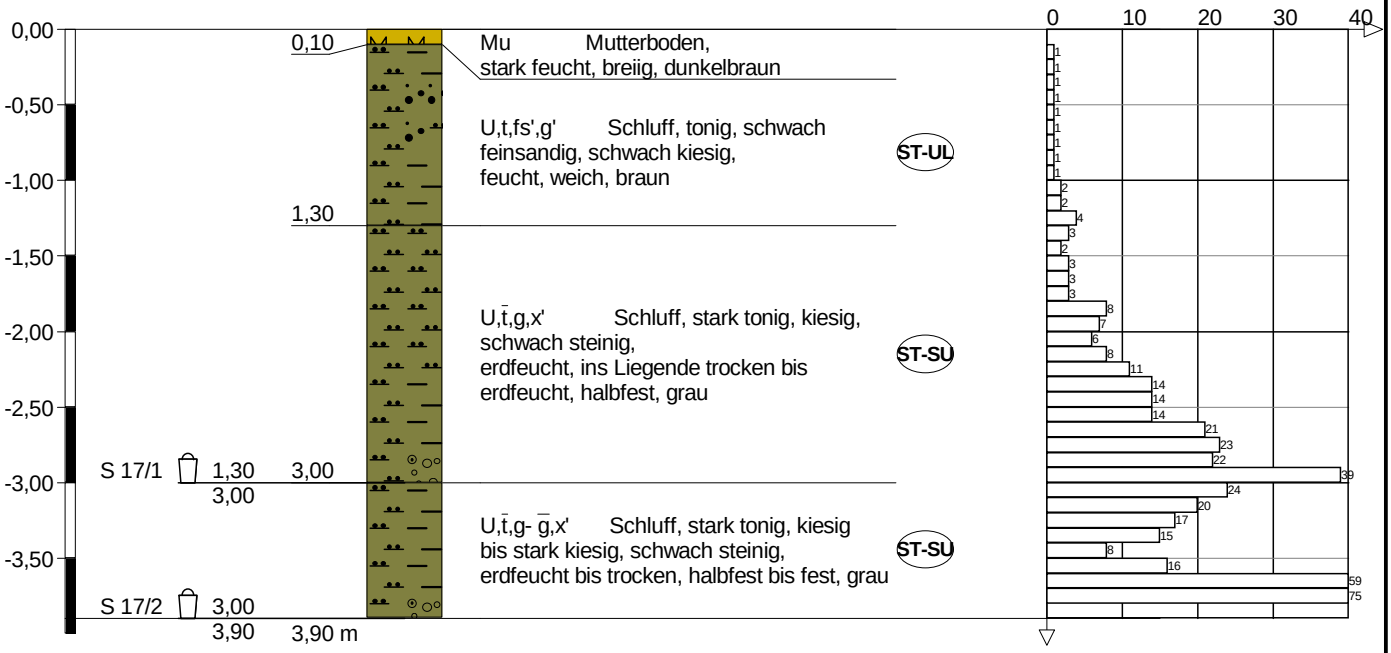
Schurf S 16 (602,04 mNN) ***DPH 16***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

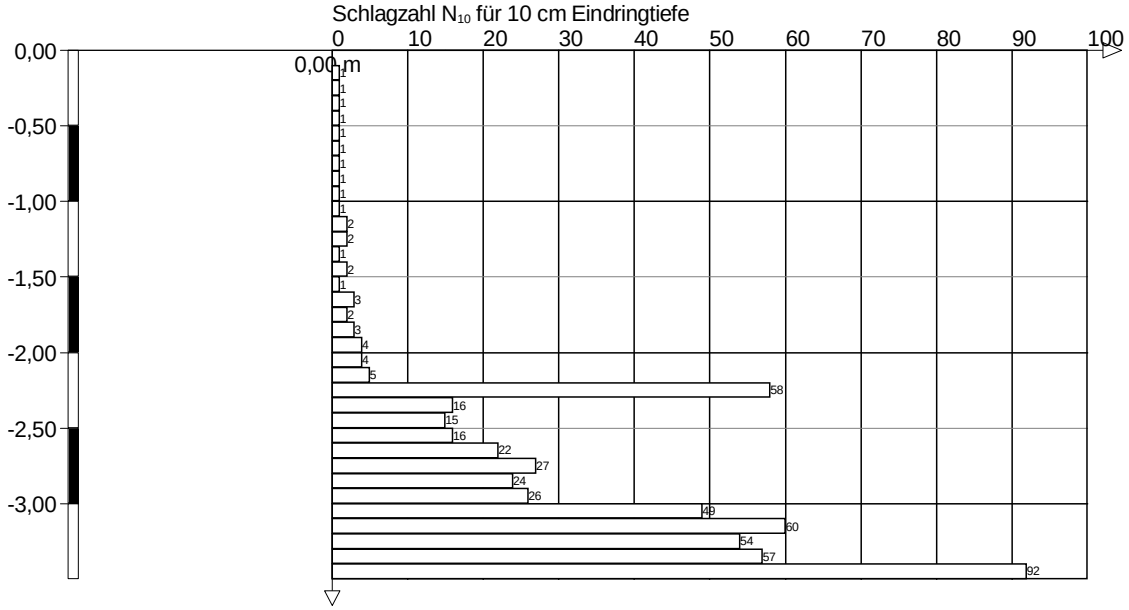
Schurf S 17 (602,86 mNN) ***DPH 17***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 24.10.2019

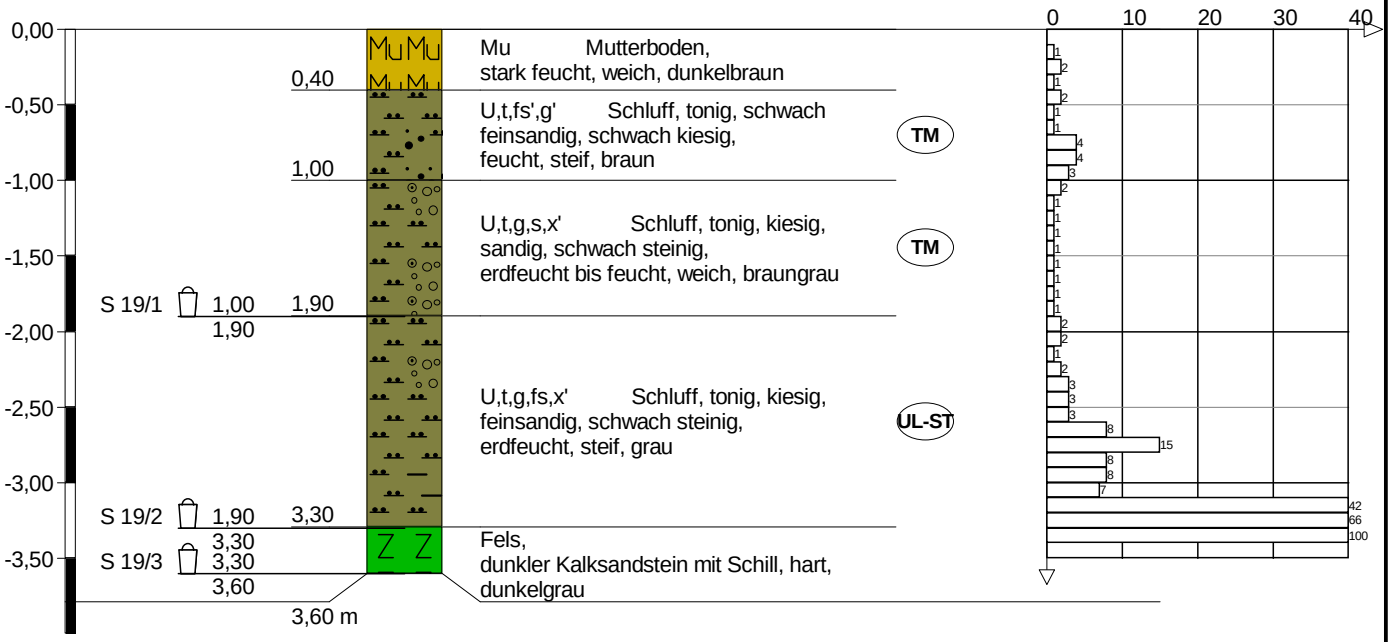
DPH 18 (603,83 mNN)



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

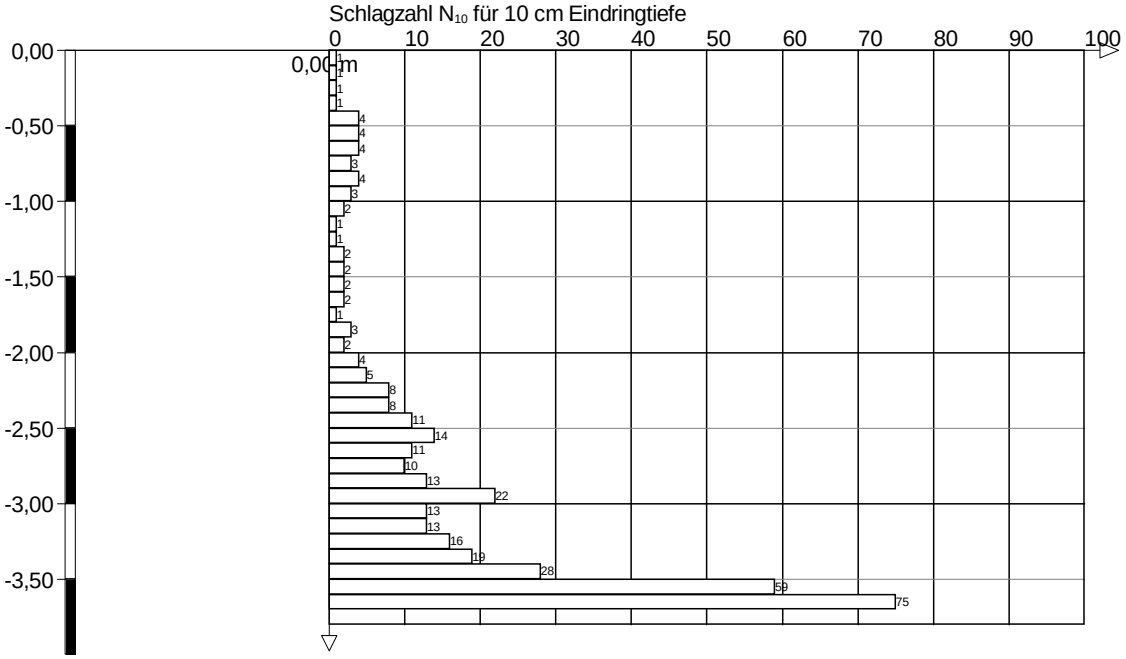
Schurf S 19 (605,16 mNN) ***DPH 19***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 24.10.2019

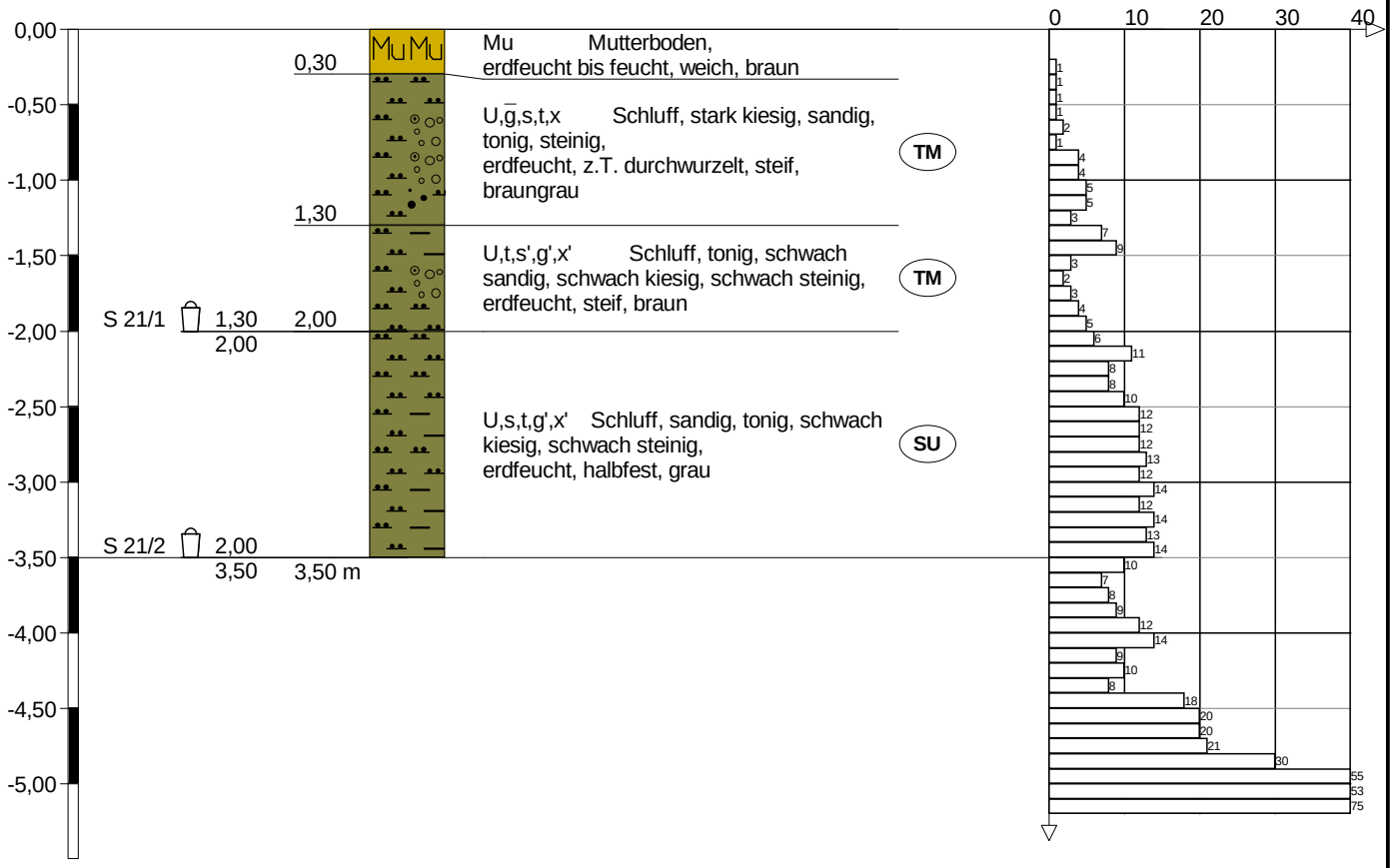
DPH 20 (605,60 mNN)



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2 Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen Auftraggeber: Stadt Penzberg Bearb.: mr — Datum: 24.10.2019

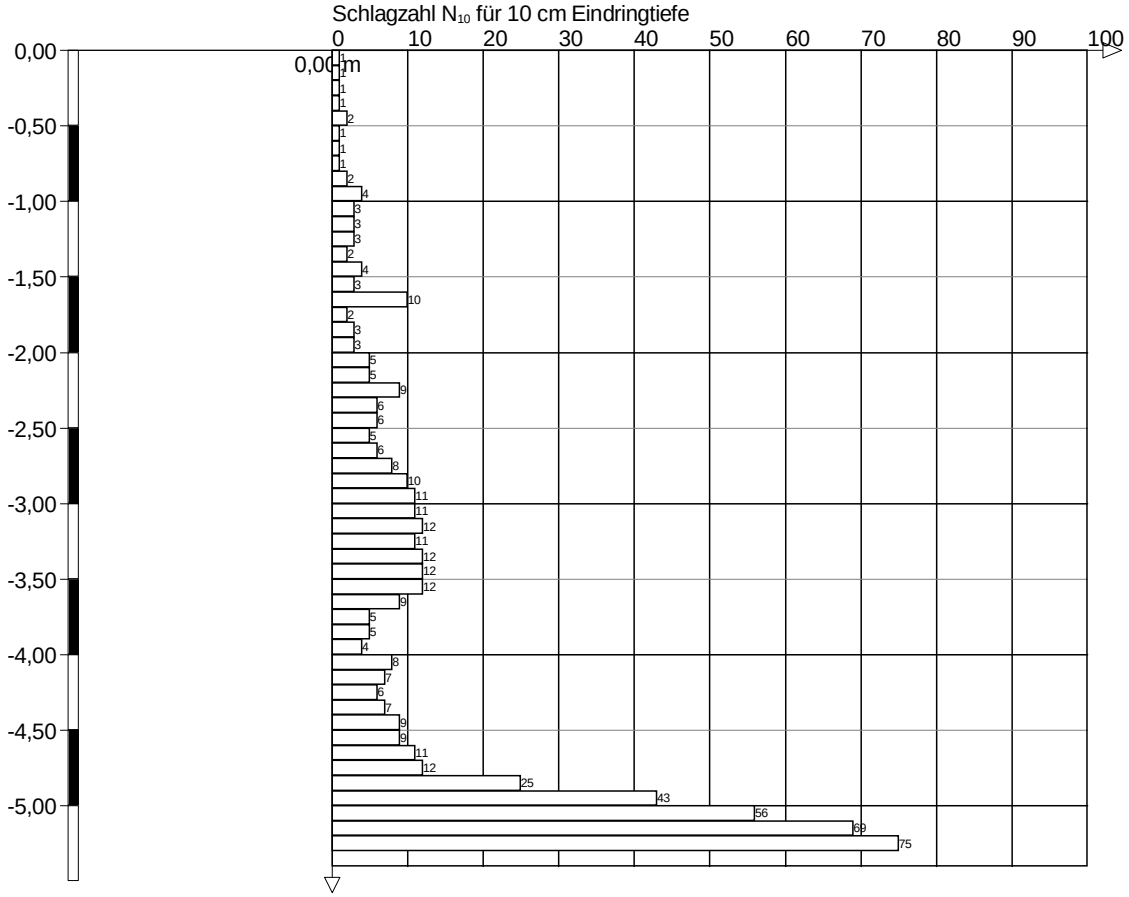
Schurf S 21 (607,23 mNN) ***DPH 21***



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 24.10.2019

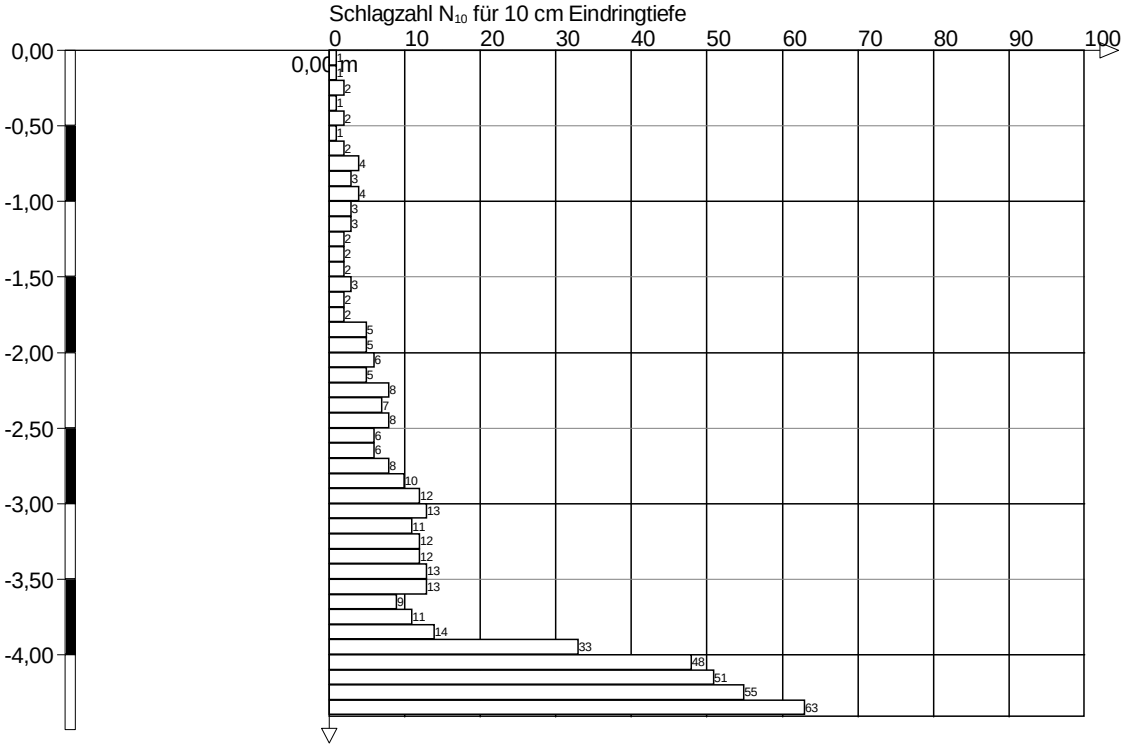
DPH 22 (607,95 mNN)



Höhenmaßstab 1:50

GEOMECHNIG **Ingenieur- und Planungsbüro** Gartenstraße 32 86938 Schondorf am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2	
		Projekt: BV Penzberg Birkenstrasse, Gründung Tiefgaragen	
		Auftraggeber: Stadt Penzberg	
		Bearb.: mr	Datum: 24.10.2019

DPH 23 (607,86 mNN)



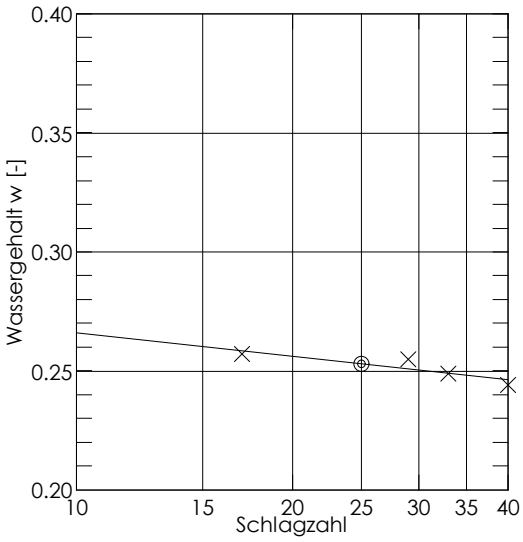
Höhenmaßstab 1:50

Anlage 3

Laborprüfberichte Korngrößenverteilung,
Zustandsgrenzenbestimmung, Scherversuche
Bodenmechanisches Labor GHB-Consult

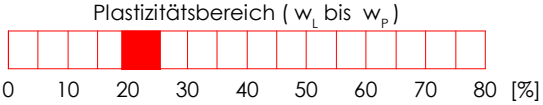
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	11.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	:	S16/1 / 3,2 m
DIN 18 122	Tiefe	:	1,9 - 3,2 m
	Bodengruppe	:	ST - UL
Entnahmestelle : S16/1	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		17	29	33	40						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	132.54	126.77	121.42	118.36		114.50	114.61	114.52		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	122.63	118.11	113.88	111.45		109.64	109.68	109.55		
Behälter	m_B [g]	84.06	84.12	83.62	83.15		83.89	83.37	83.97		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	9.91	8.66	7.54	6.91		4.86	4.93	4.97		
Trockene Probe	m_t [g]	38.57	33.99	30.26	28.30		25.75	26.31	25.58	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.257	0.255	0.249	0.244		0.189	0.187	0.194	0.190	



Wassergehalt $w_N = 0.143$
Fließgrenze $w_L = 0.253$
Ausrollgrenze $w_P = 0.190$

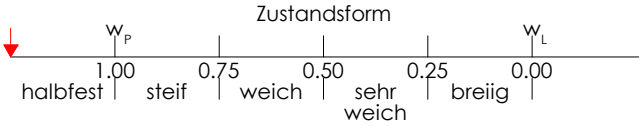
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

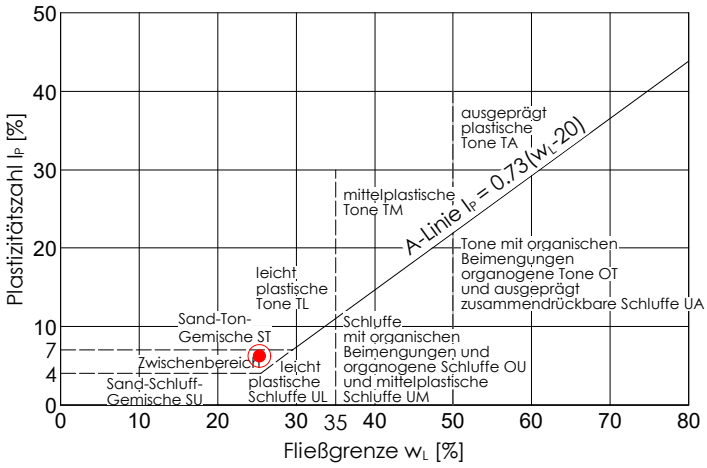


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 0.063$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.746$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.746$

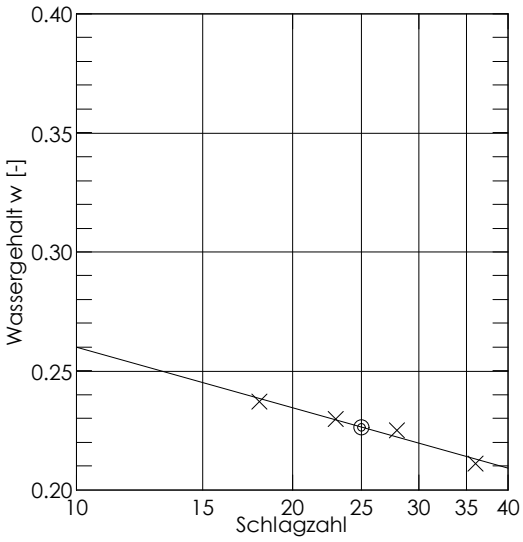




DC

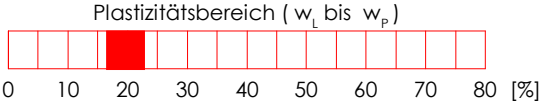
GHB Consult GmbH	Projekt	: Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	: AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	: 12.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	: S17/1 / 3,0 m
DIN 18 122	Tiefe	: 1,3 - 3,0 m
	Bodengruppe	: ST - SU
Entnahmestelle : S17/1	Art der Entn.	: gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	: 24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		36	28	23	18						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	125.07	125.98	130.87	126.46		114.24	113.55	115.13		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	117.79	118.24	122.55	118.30		109.97	109.30	110.52		
Behälter	m_B [g]	83.33	83.81	86.41	83.93		83.83	83.42	83.20		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	7.28	7.74	8.32	8.16		4.27	4.25	4.61		
Trockene Probe	m_t [g]	34.46	34.43	36.14	34.37		26.14	25.88	27.32	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.211	0.225	0.230	0.237		0.163	0.164	0.169	0.165	



Wassergehalt w_N = 0.121
Fließgrenze w_L = 0.226
Ausrollgrenze w_P = 0.165

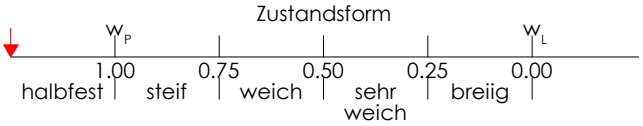
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

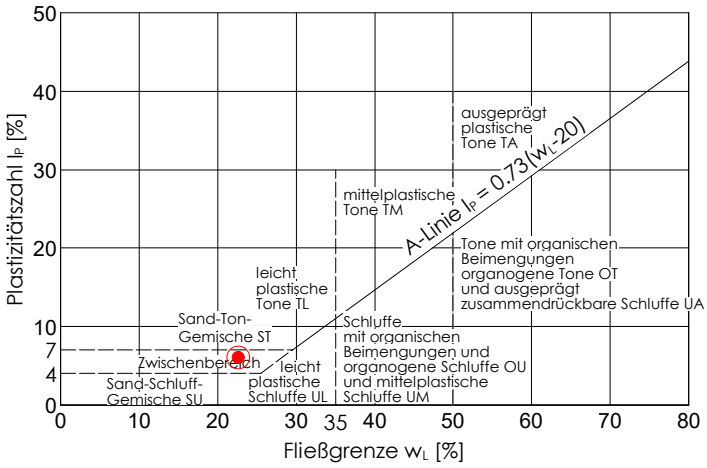


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.061

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = -0.721

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 1.721

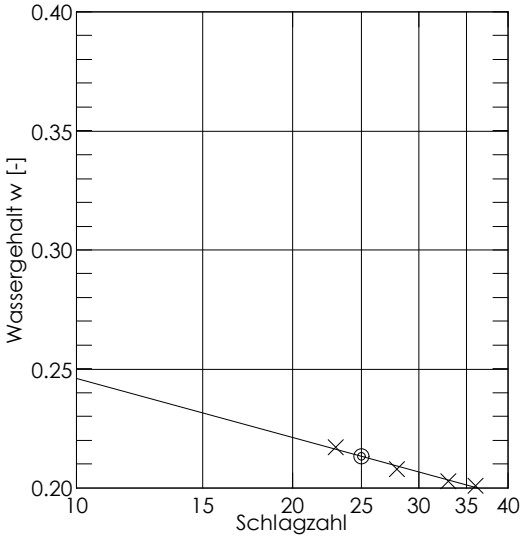




DC

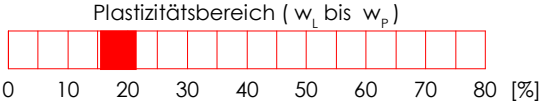
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	14.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	:	S17/2 / 3,9 m
DIN 18 122	Tiefe	:	3,0 - 3,9 m
	Bodengruppe	:	ST - SU
Entnahmestelle : S17/2	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		36	33	28	23						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	135.28	135.80	134.81	128.96		114.68	113.87	114.56		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	126.71	126.89	126.09	120.93		110.47	109.76	110.40		
Behälter	m_B [g]	84.14	83.05	84.13	83.97		83.34	83.40	83.41		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	8.57	8.91	8.72	8.03		4.21	4.11	4.16		
Trockene Probe	m_t [g]	42.57	43.84	41.96	36.96		27.13	26.36	26.99	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.201	0.203	0.208	0.217		0.155	0.156	0.154	0.155	



Wassergehalt w_N = 0.099
Fließgrenze w_L = 0.213
Ausrollgrenze w_P = 0.155

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

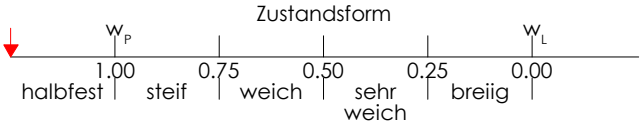


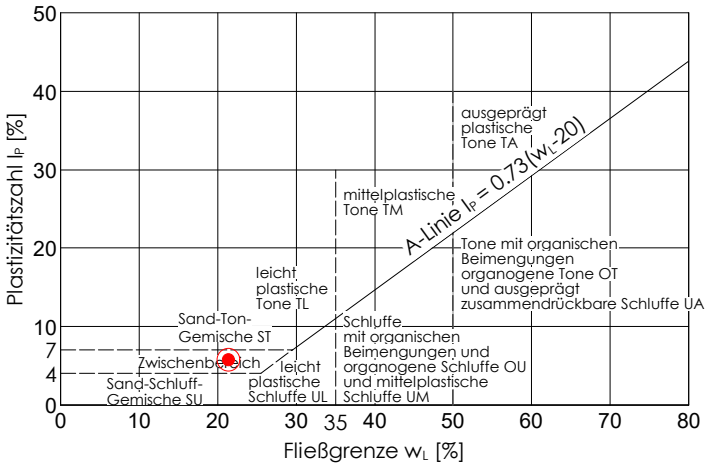
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.058

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = -0.966

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 1.966

Zustandsform

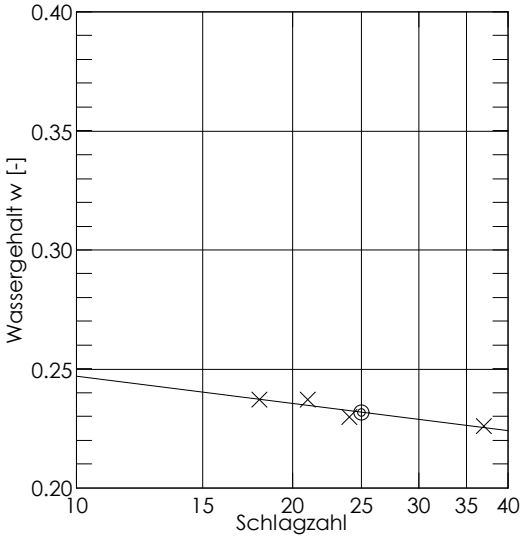




DC

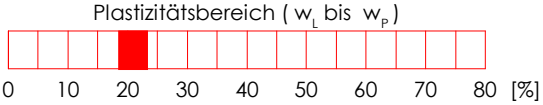
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	11.11.2019
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Labornummer	:	S19/2 / 3,3 m
	Tiefe	:	1,9 - 3,3 m
	Bodengruppe	:	UL - ST
Entnahmestelle : S19/2	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		24	37	18	21						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	123.47	123.44	123.51	118.89		114.77	115.18	114.67		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	116.05	116.05	115.97	112.12		110.01	110.25	109.75		
Behälter	m_B [g]	83.77	83.37	84.13	83.52		83.96	83.46	83.44		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	7.42	7.39	7.54	6.77		4.76	4.93	4.92		
Trockene Probe	m_t [g]	32.28	32.68	31.84	28.60		26.05	26.79	26.31	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.230	0.226	0.237	0.237		0.183	0.184	0.187	0.185	



Wassergehalt w_N = 0.187
Fließgrenze w_L = 0.232
Ausrollgrenze w_P = 0.185

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

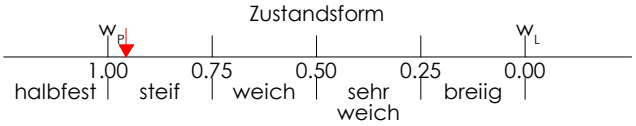


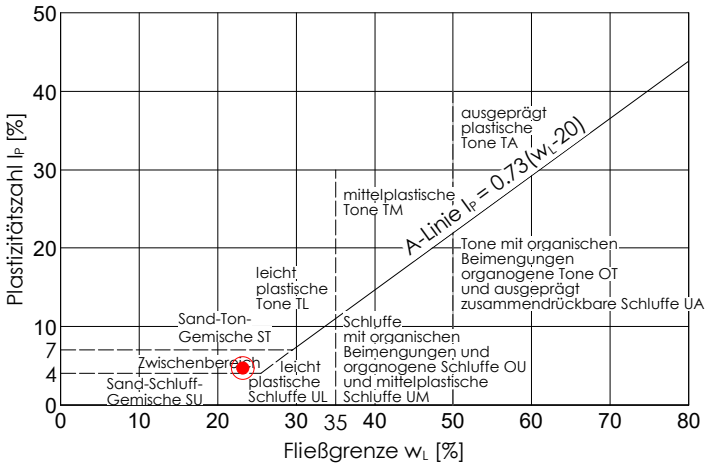
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.047

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = 0.043

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 0.957

Zustandsform

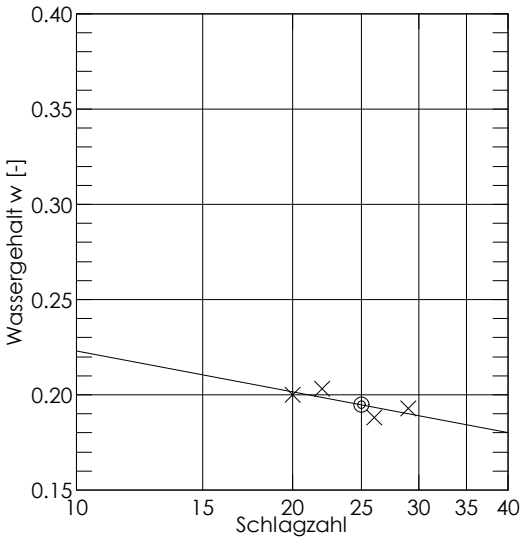




DC

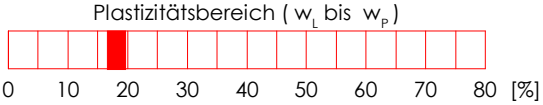
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	14.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	:	S21/2 / 3,5 m
DIN 18 122	Tiefe	:	2,0 - 3,5 m
	Bodengruppe	:	SU
Entnahmestelle : S21/2	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		29	26	22	20						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	135.03	139.20	127.11	133.07		114.71	115.50	113.75		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	127.18	130.51	119.81	124.82		110.24	110.92	109.46		
Behälter	m_B [g]	86.55	84.34	83.92	83.66		83.39	83.64	83.46		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	7.85	8.69	7.30	8.25		4.47	4.58	4.29		
Trockene Probe	m_t [g]	40.63	46.17	35.89	41.16		26.85	27.28	26.00	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.193	0.188	0.203	0.200		0.166	0.168	0.165	0.166	



Wassergehalt w_N = 0.104
Fließgrenze w_L = 0.195
Ausrollgrenze w_P = 0.166

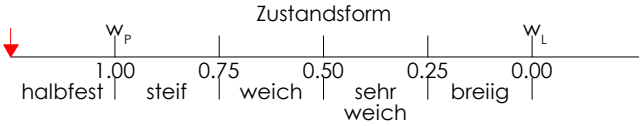
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

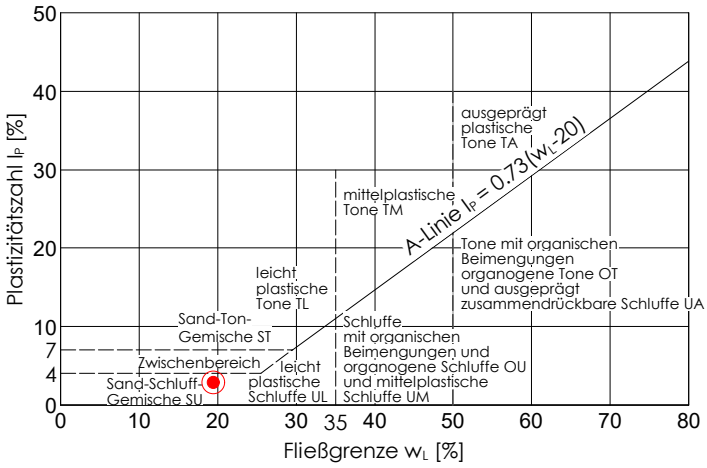


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.029

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = -2.138

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 3.138

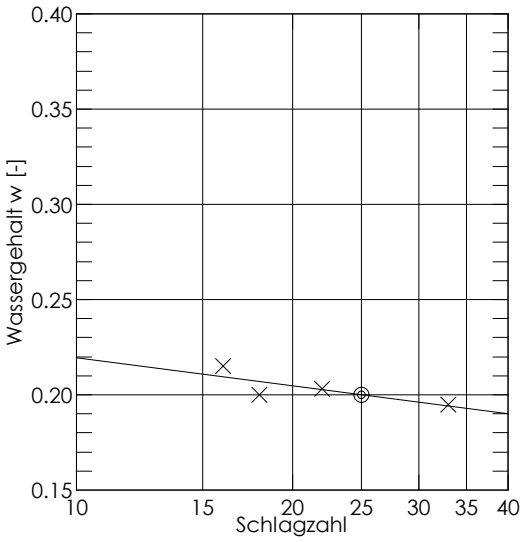




DC

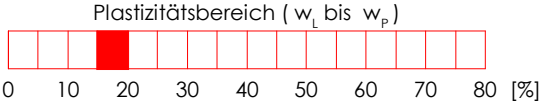
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	11.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	:	S4/1 / 3,1 m
DIN 18 122	Tiefe	:	2,2 - 3,1 m
	Bodengruppe	:	SU - ST
Entnahmestelle : S4/1	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		33	18	22	16						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	132.94	127.52	124.75	122.57		114.01	115.04	114.57		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	124.92	120.17	117.78	115.63		110.10	111.00	110.50		
Behälter	m_B [g]	83.78	83.45	83.40	83.41		83.78	83.42	83.25		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	8.02	7.35	6.97	6.94		3.91	4.04	4.07		
Trockene Probe	m_t [g]	41.14	36.72	34.38	32.22		26.32	27.58	27.25	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.195	0.200	0.203	0.215		0.149	0.146	0.149	0.148	



Wassergehalt w_N = 0.120
Fließgrenze w_L = 0.200
Ausrollgrenze w_P = 0.148

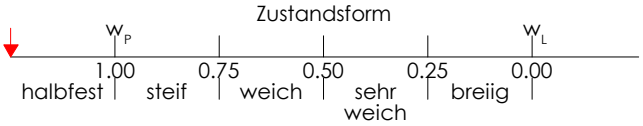
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

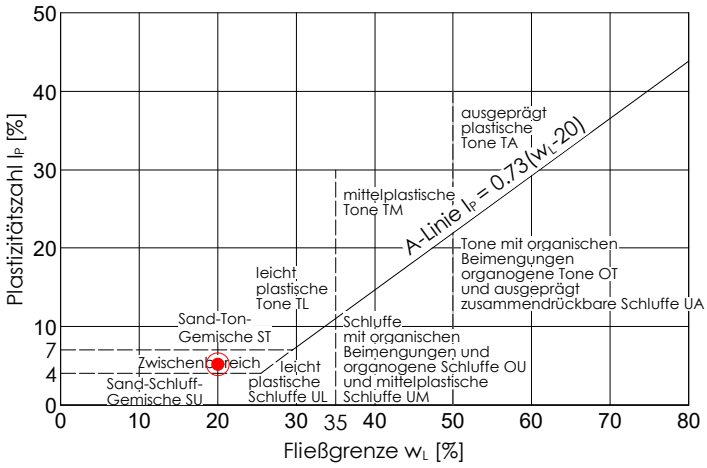


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.052

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = -0.538

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 1.538

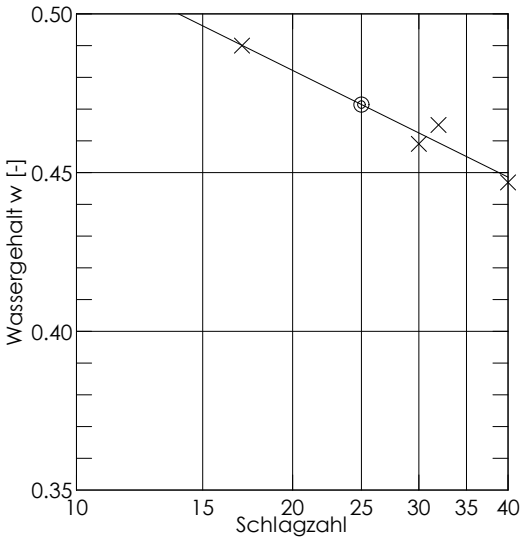




DC

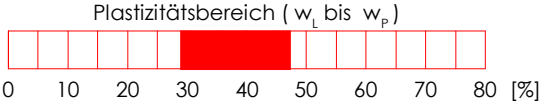
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	12.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	:	S6/1 / 2,4 m
DIN 18 122	Tiefe	:	1,6 - 2,4 m
	Bodengruppe	:	TM - UM
Entnahmestelle : S6/1	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		40	17	32	30						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	118.00	120.22	120.61	117.28		113.12	114.60	113.37		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	107.61	108.28	109.85	107.70		106.67	107.73	106.39		
Behälter	m_B [g]	84.36	83.92	86.71	86.84		83.78	83.71	83.03		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	10.39	11.94	10.76	9.58		6.45	6.87	6.98		
Trockene Probe	m_t [g]	23.25	24.36	23.14	20.86		22.89	24.02	23.36	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.447	0.490	0.465	0.459		0.282	0.286	0.299	0.289	



Wassergehalt w_N = 0.169
Fließgrenze w_L = 0.471
Ausrollgrenze w_P = 0.289

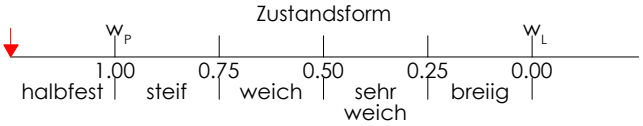
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

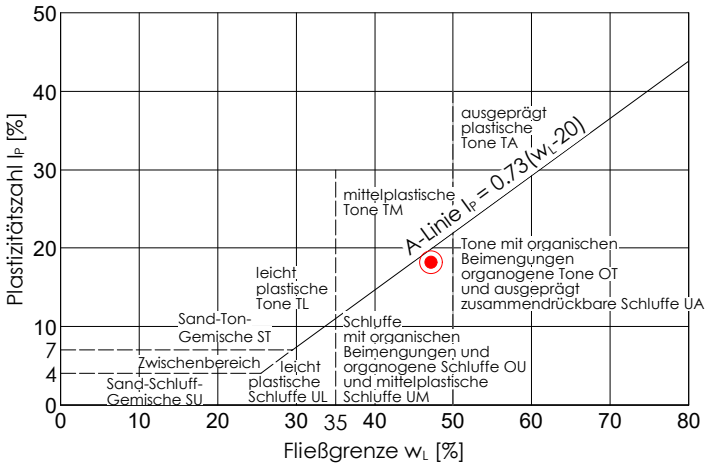


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.182

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = -0.659

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 1.659

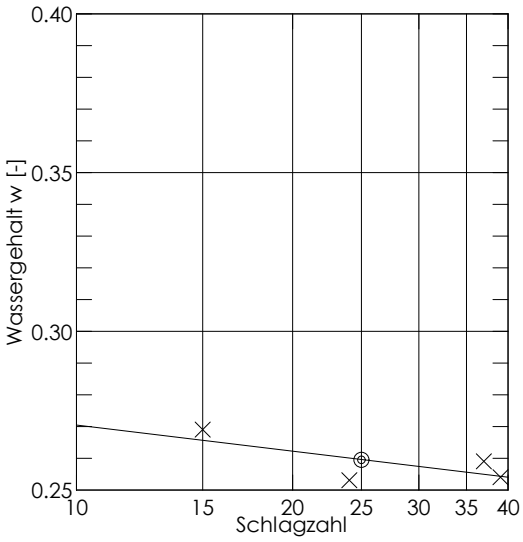




DC

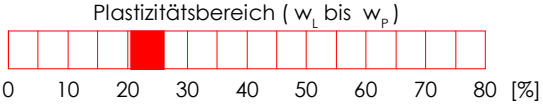
GHB Consult GmbH	Projekt	:	Geomechnig - Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.	:	AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage	:	
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum	:	14.11.2019
Zustandsgrenzen	Labornummer	:	S8/1 / 2,4 m
DIN 18 122	Tiefe	:	1,5 - 2,4 m
	Bodengruppe	:	UL - ST
Entnahmestelle : S8/1	Art der Entn.	:	gestört
Ausgef. durch : Kralin	Entn. am	:	24.10.2019

		Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.											
Zahl der Schläge		24	39	37	15						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	132.24	127.24	126.02	122.07		114.62	114.05	115.20		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	122.55	118.36	117.35	113.83		109.20	108.78	109.94		
Behälter	m_B [g]	84.22	83.41	83.84	83.22		83.22	83.27	83.76		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	9.69	8.88	8.67	8.24		5.42	5.27	5.26		
Trockene Probe	m_t [g]	38.33	34.95	33.51	30.61		25.98	25.51	26.18	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[-]	0.253	0.254	0.259	0.269		0.209	0.207	0.201	0.206	



Wassergehalt w_N = 0.158
Fließgrenze w_L = 0.260
Ausrollgrenze w_P = 0.206

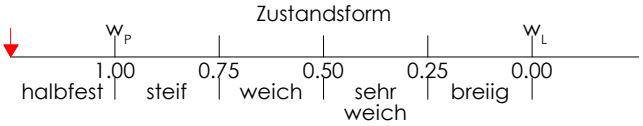
Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

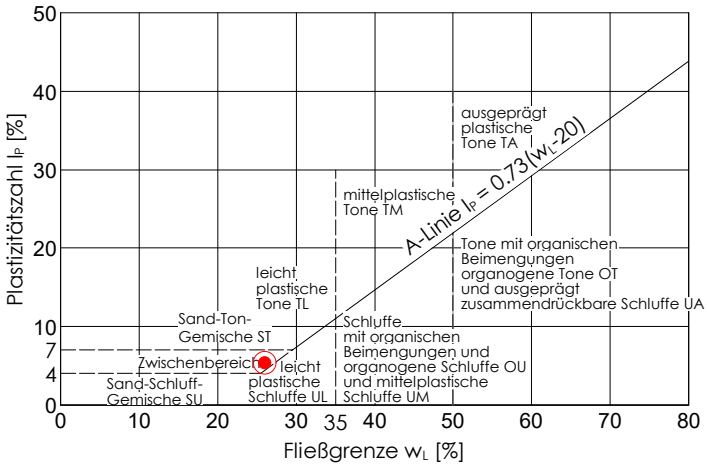


Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ = 0.054

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P}$ = -0.889

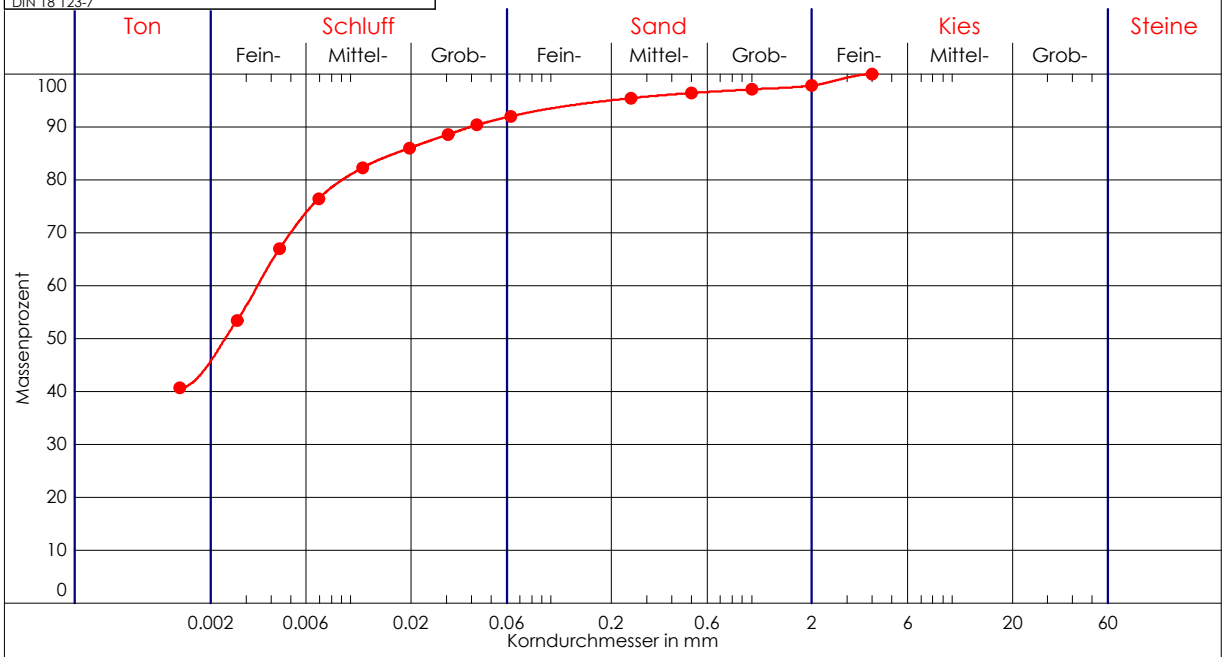
Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P}$ = 1.889





DC

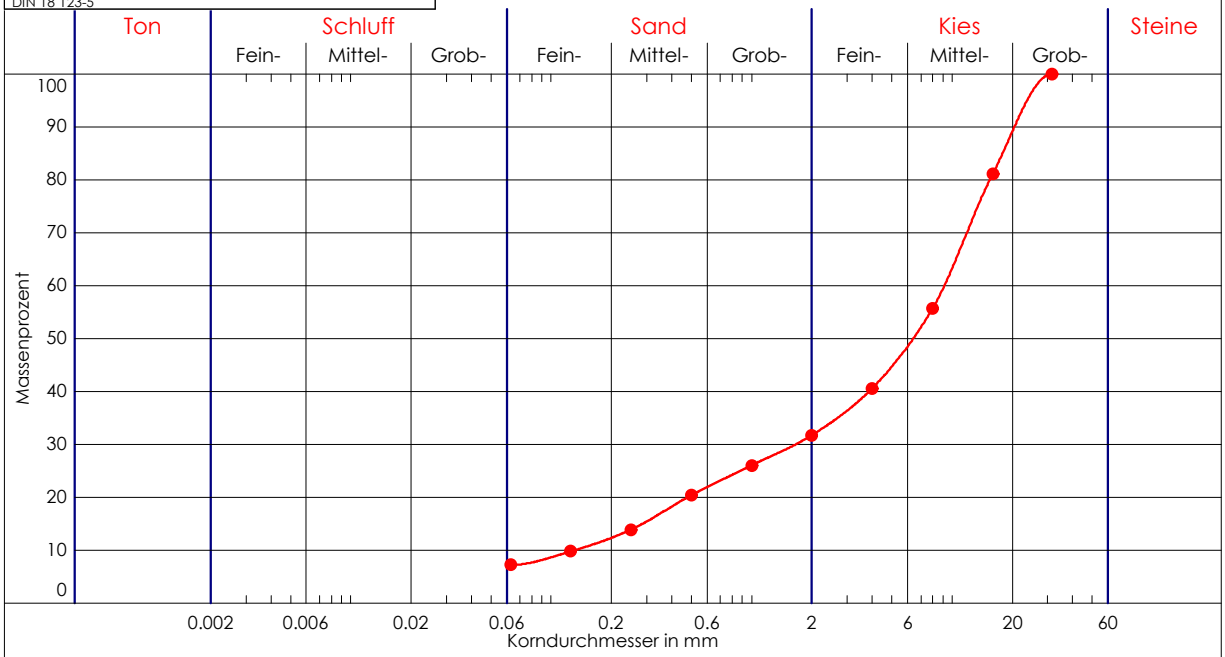
GHB Consult GmbH	Projekt : Geomechnig: Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage:
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 11.11.2019
Kornverteilung DIN 18 123-7	



Entnahmestelle	RKS 1/5				
Entnahmetiefe	3,5 - 5,0 m				
Labornummer	RKS 1/5 / 5,0				
Ungleichförm. U	-				
Krümmungszahl	-				
d10 / d60	- /0.003 mm				
Anteil < 0.063 mm	92.0 %				
Frostempfindl.klasse	F3				
Kornkennzahl	4510				
Kornfrakt. T/U/S/G	45.8/46.3/5.8/2.2 %				
Bodenart	U,s'				
Bodengruppe	U				
Bodenklasse	4				
kf nach Beyer	-				
kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)				
kf nach Hazen	-				
kf nach Seiler	-				
kf nach USBR	-				

DC

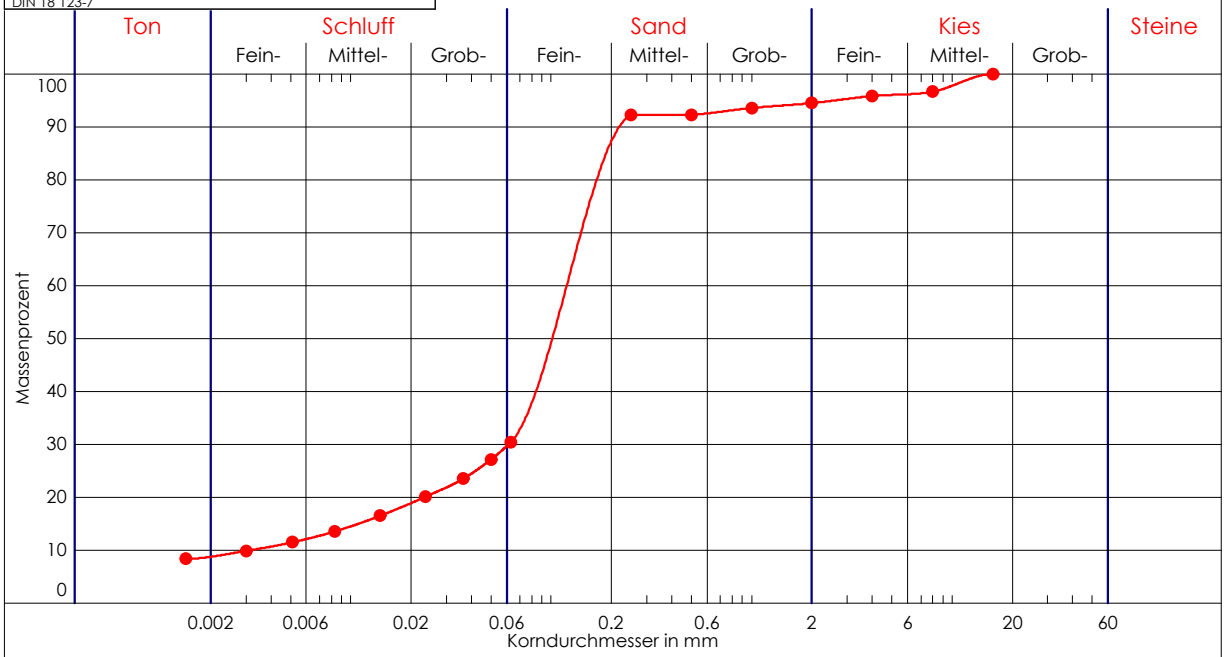
GHB Consult GmbH	Projekt : Geomechnig: Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage:
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 11.11.2019
Kornverteilung DIN 18 123-5	



Entnahmestelle	RKS 15/1				
Entnahmetiefe	2,0 - 3,3 m				
Labornummer	RKS 15/3 / 3,3				
Ungleichförm. U	70.2				
Krümmungszahl	2.3				
d10 / d60	0.130/9.164 mm				
Anteil < 0.063 mm	7.2 %				
Frostempfindl.klasse	F2				
Kornkennzahl	0127				
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/7.2/24.5/68.2 %				
Bodenart	mG,s,fg,gg',u'				
Bodengruppe	GU				
Bodenklasse	3				
kf nach Beyer	- (Cu > 30)				
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)				
kf nach Hazen	- (Cu > 5)				
kf nach Seiler	2.6E-03 m/s				
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)				

DC

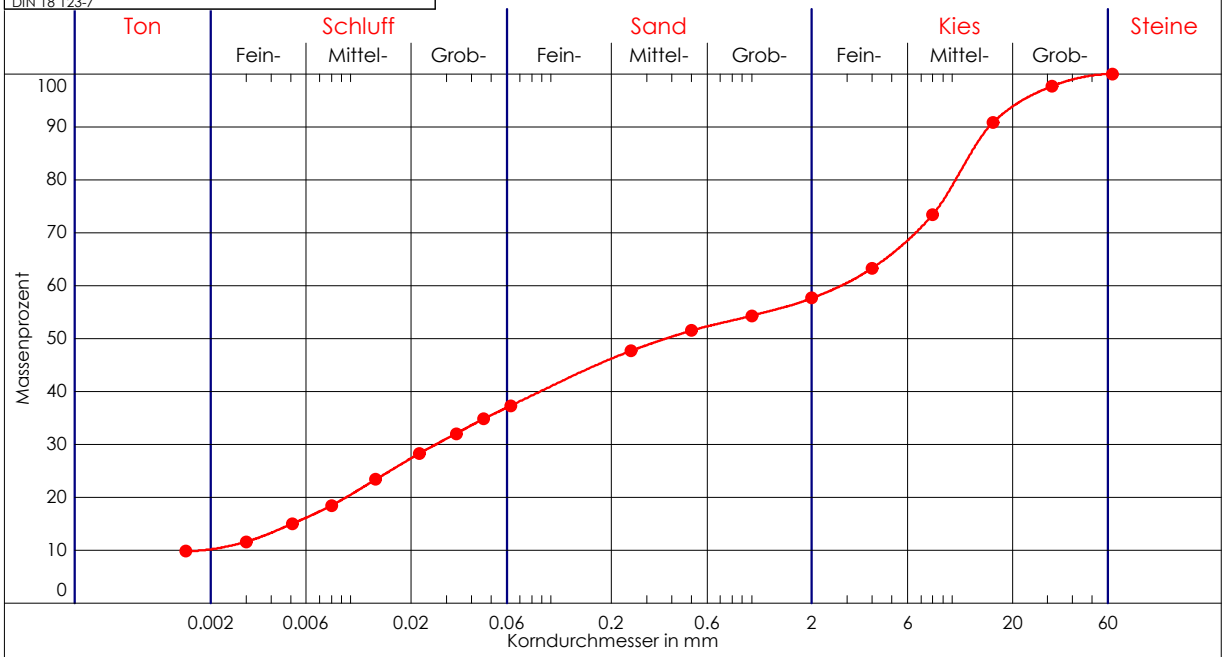
GHB Consult GmbH	Projekt : Geomechnig: Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage:
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 11.11.2019
Kornverteilung DIN 18 123-7	



Entnahmestelle	RKS 2/3				
Entnahmetiefe	2,2 - 2,9 m				
Labornummer	RKS 2/3 / 2,9				
Ungleichförm. U	38.2				
Krümmungszahl	10.1				
d10 / d60	0.003/0.119 mm				
Anteil < 0.063 mm	30.4 %				
Frostempfindl.klasse	F3				
Kornkennzahl	1261				
Kornfrakt. T/U/S/G	8.8/21.7/64.1/5.5 %				
Bodenart	fS,$\overline{u}$,t',g',ms'				
Bodengruppe	S$\overline{U}$				
Bodenklasse	4				
kf nach Beyer	- (Cu > 30)				
kf nach Kaubisch	1.7E-07 m/s				
kf nach Hazen	- (Cu > 5)				
kf nach Seiler	2.4E-06 m/s				
kf nach USBR	6.3E-07 m/s				

DC

GHB Consult GmbH	Projekt : Geomechnig: Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: AZ 191091
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage:
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 08.11.2019
Kornverteilung DIN 18 123-7	



Entnahmestelle	S4/2				
Entnahmetiefe	3,1 - 3,6 m				
Labornummer	S4/2 / 3,6 m				
Ungleichförm. U	1532.6				
Krümmungszahl	0.1				
d10 / d60	0.002/2.799 mm				
Anteil < 0.063 mm	37.3 %				
Frostempfindl.klasse	F3				
Kornkennzahl	1324				
Kornfrakt. T/U/S/G	10.2/27.2/20.3/42.4 %				
Bodenart	mG,$\overline{U}$,s,fg',t,gg'				
Bodengruppe	G$\overline{U}$				
Bodenklasse	4				
kf nach Beyer	- (Cu > 30)				
kf nach Kaubisch	4.2E-08 m/s				
kf nach Hazen	- (Cu > 5)				
kf nach Seiler	-				
kf nach USBR	8.0E-08 m/s				

DC

GHB Consult GmbH
Moosstr. 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 -0

Bericht: 191091
Anlage:

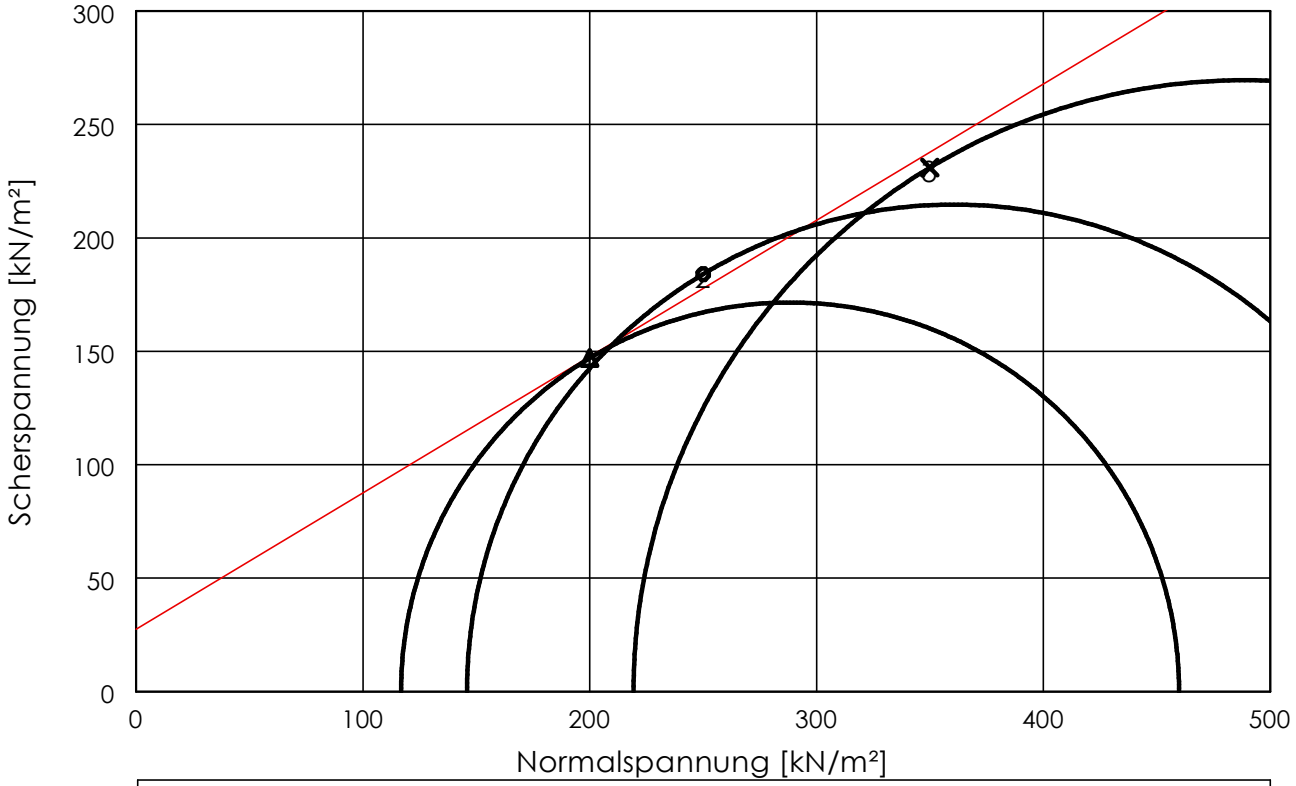
Scherversuch nach DIN 18137

Geomechnig

Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg

Bearbeiter: Kampik Datum: 04.11.2019

Entnahmestelle: S6/1
Tiefe: 1,6 - 2,4 m
Bodenart: TM - UM (fest, schwach feucht)
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 24.10.2019



Drainierter Versuch - Effektive Scherfestigkeit - c' und phi'

Versuch-Nr.	1 ▲	2 ○	3 ✕
Normalspannung [kN/m²]	200.0	250.0	350.0
Scherspannung [kN/m²]	147.0	184.0	231.0
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.02	0.02	0.02
Konsolidierungsspannung [kN/m²]	50	50	50
w (vorher) [%]	16,90	16,90	16,90
w (nachher) [%]	16,0	16,20	15,70

Reibungswinkel = 31.0 Grad
Kohäsion = 27.5 kN/m²
Korrelation = 1.000

Wichte = 20,2 kN/m³

GHB Consult GmbH
Moosstr. 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 -0

Bericht: 191091
Anlage:

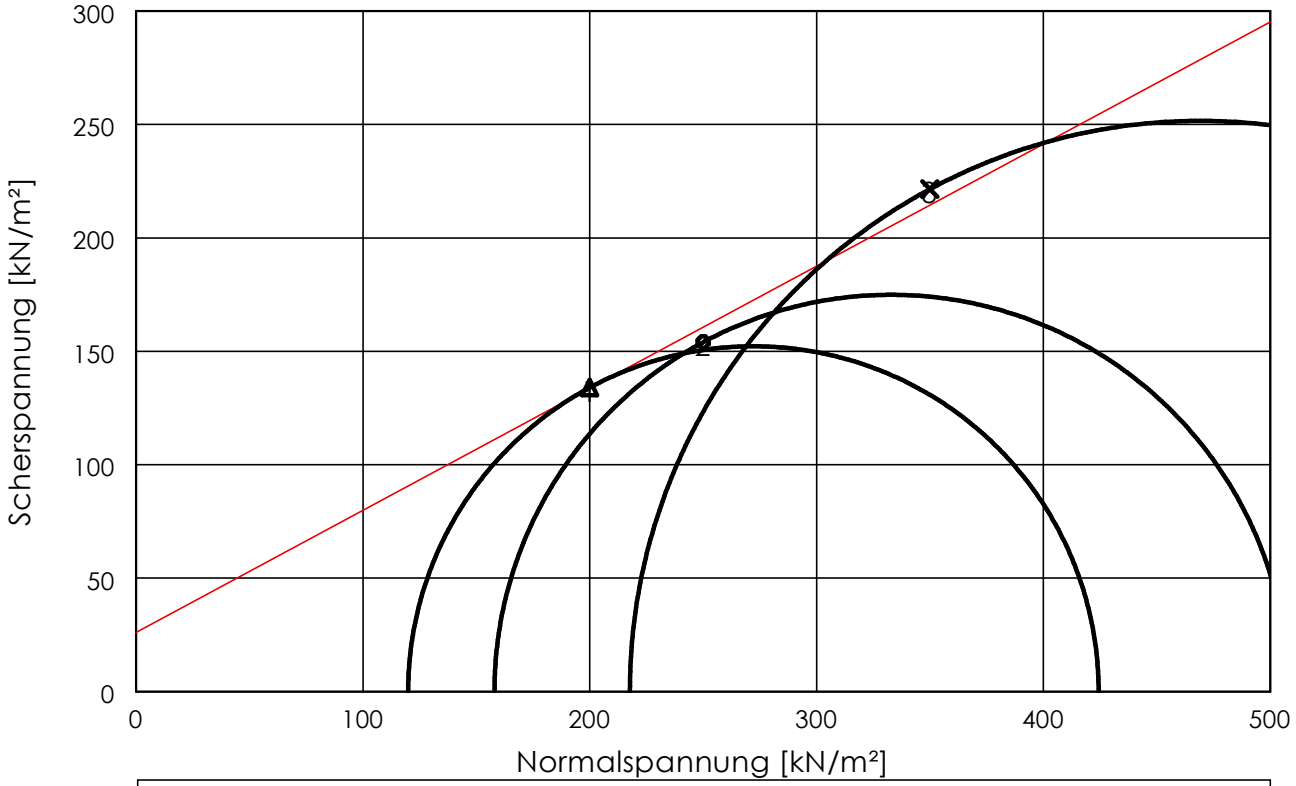
Scherversuch nach DIN 18137

Geomechnig

Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg

Bearbeiter: Kampik Datum: 04.11.2019

Entnahmestelle: S8/1
Tiefe: 1,5 - 2,4 m
Bodenart: UL - ST (fest, swf, vereinzelt Kohlereste)
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 24.10.2019



Drainierter Versuch - Effektive Scherfestigkeit - c' und phi'

Versuch-Nr.	1 ▲	2 ○	3 ✕
Normalspannung [kN/m²]	200.0	250.0	350.0
Scherspannung [kN/m²]	134.0	154.0	221.5
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.02	0.02	0.02
Konsolidierungsspannung [kN/m²]	50	50	50
w (vorher) [%]	15,80	15,80	15,80
w (nachher) [%]	14,73	14,48	14,15

Reibungswinkel = 28.3 Grad
Kohäsion = 26.0 kN/m²
Korrelation = 1.000

Wichte = 21,5 kN/m³

GHB Consult GmbH
Moosstr. 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 -0

Bericht: 191091
Anlage:

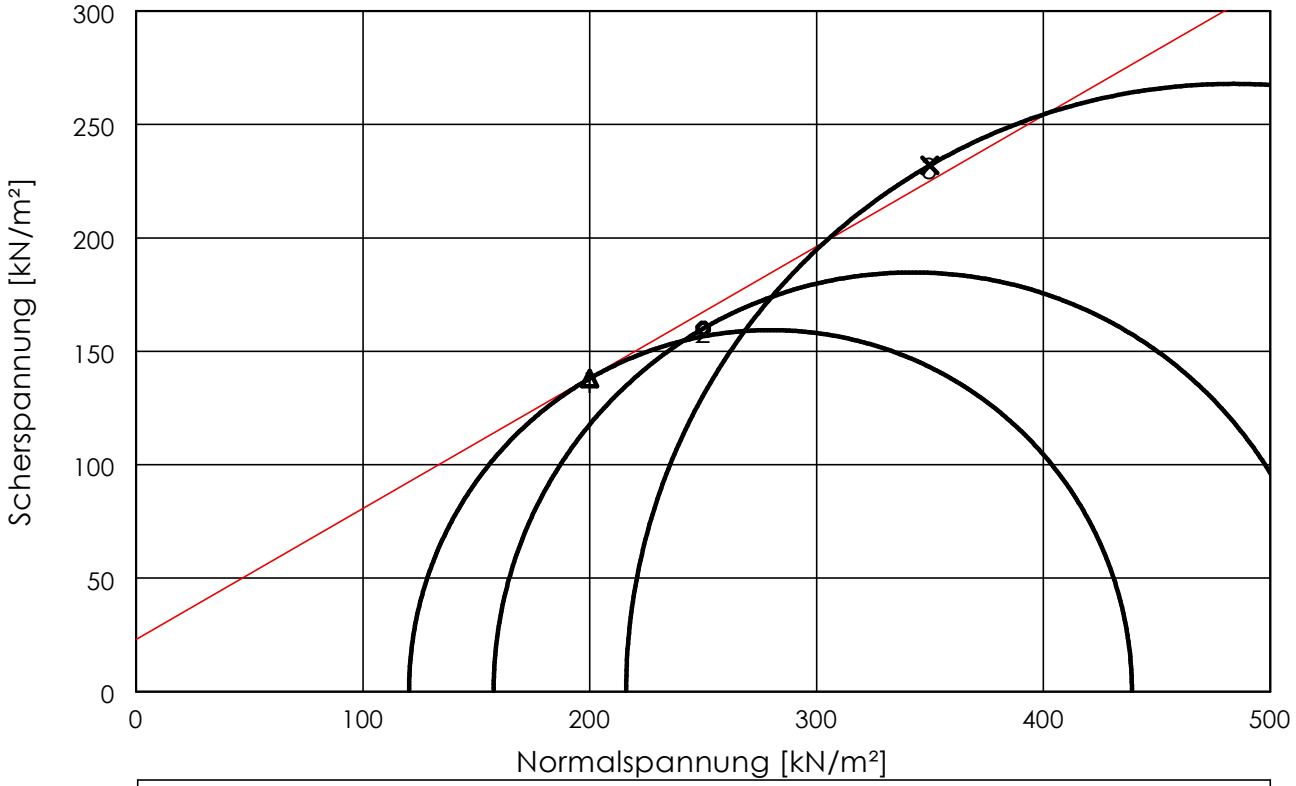
Scherversuch nach DIN 18137

Geomechnig

Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg

Bearbeiter: Kampik Datum: 04.11.2019

Entnahmestelle: S17/2
Tiefe: 3,0 - 3,9 m
Bodenart: ST - SU (fest, schwach feucht)
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 24.10.2019



Drainierter Versuch - Effektive Scherfestigkeit - c' und phi'

Versuch-Nr.	1 ▲	2 ○	3 ✕
Normalspannung [kN/m²]	200.0	250.0	350.0
Scherspannung [kN/m²]	138.0	160.0	232.0
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.02	0.02	0.02
Konsolidierungsspannung [kN/m²]	80	80	80
w (vorher) [%]	9,90	9,90	9,90
w (nachher) [%]	8,75	8,20	7,83

Reibungswinkel = 30.0 Grad
Kohäsion = 23.0 kN/m²
Korrelation = 1.000

Wichte = 21,1 kN/m³

GHB Consult GmbH
Moosstr. 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 -0

Bericht: 191091
Anlage:

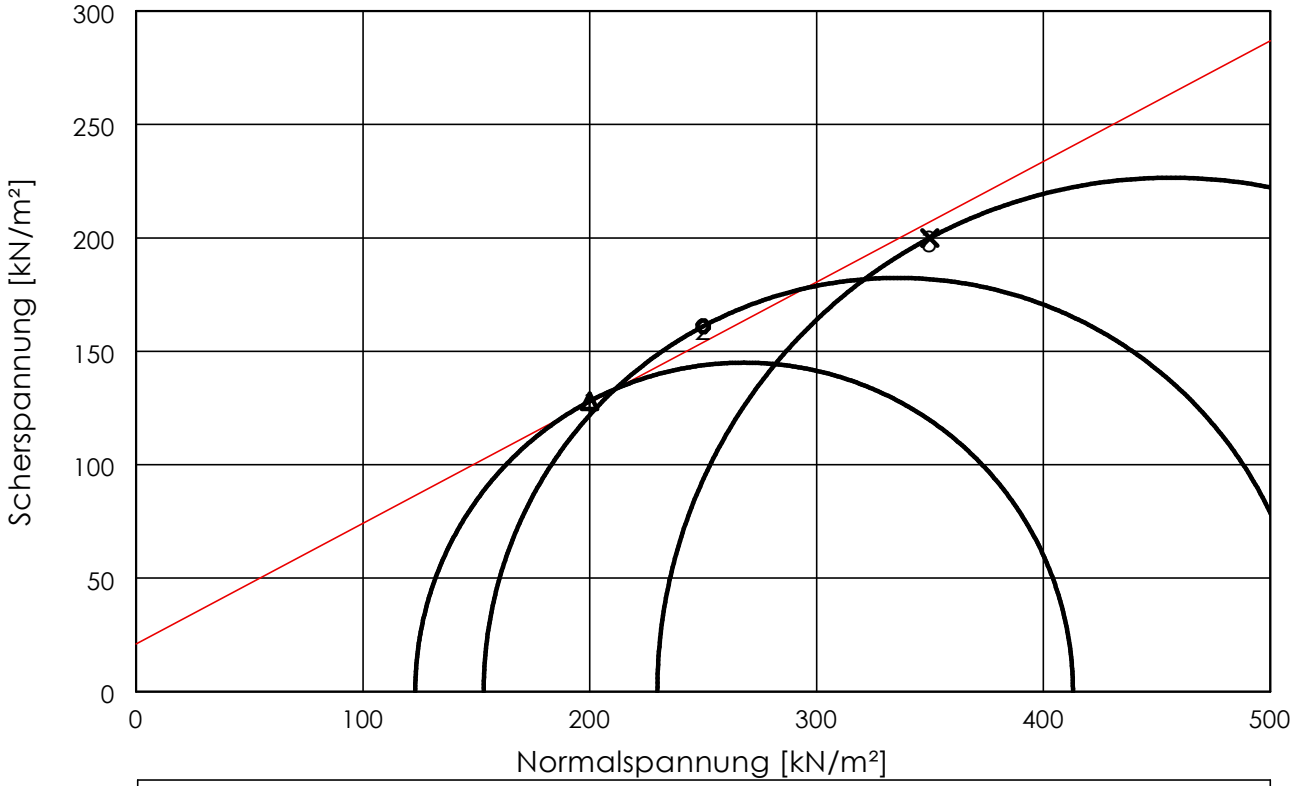
Scherversuch nach DIN 18137

Geomechnig

Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg

Bearbeiter: Kampik Datum: 04.11.2019

Entnahmestelle: S19/2
Tiefe: 1,9 - 3,3 m
Bodenart: UL - ST (steif, schwach feucht - feucht)
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 24.10.2019



Drainierter Versuch - Effektive Scherfestigkeit - c' und phi'

Versuch-Nr.	1 ▲	2 ○	3 ✕
Normalspannung [kN/m²]	200.0	250.0	350.0
Scherspannung [kN/m²]	128.0	161.0	200.0
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.02	0.02	0.02
Konsolidierungsspannung [kN/m²]	70	70	70
w (vorher) [%]	18,70	18,70	18,70
w (nachher) [%]	18,10	17,65	17,12

Reibungswinkel = 28.0 Grad
Kohäsion = 21.0 kN/m²
Korrelation = 1.000

Wichte = 21,6 kN/m³

GHB Consult GmbH
Moosstr. 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 -0

Bericht: 191091
Anlage:

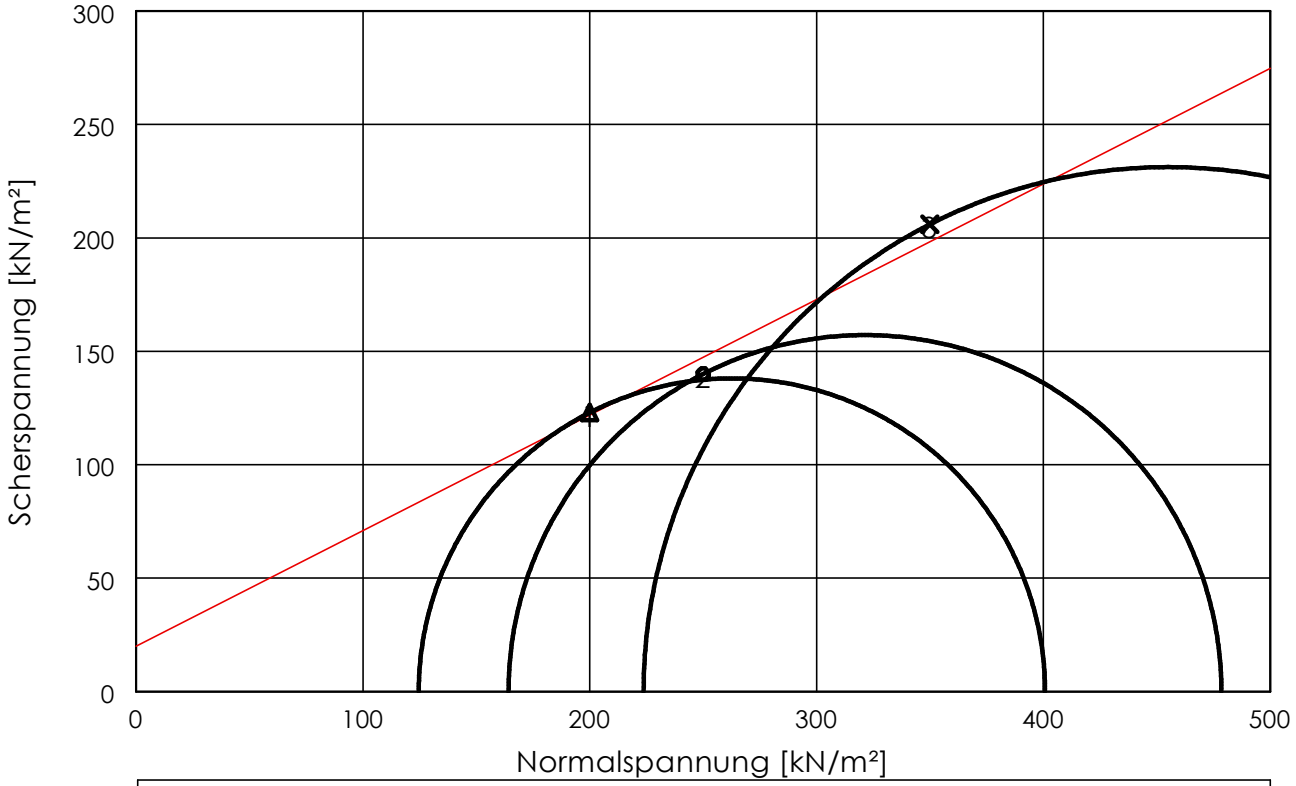
Scherversuch nach DIN 18137

Geomechnig

Baugebiet Birkenstraße-West, Penzberg

Bearbeiter: Kampik Datum: 04.11.2019

Entnahmestelle: S21/2
Tiefe: 2,0 - 3,5 m
Bodenart: SU (fest, schwach feucht)
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 24.10.2019



Drainierter Versuch - Effektive Scherfestigkeit - c' und phi'

Versuch-Nr.	1 ▲	2 ○	3 ✕
Normalspannung [kN/m²]	200.0	250.0	350.0
Scherspannung [kN/m²]	123.0	140.0	206.0
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.02	0.02	0.02
Konsolidierungsspannung [kN/m²]	70	70	70
w (vorher) [%]	10,40	10,40	10,40
w (nachher) [%]	10,10	9,80	9,42

Reibungswinkel = 27.0 Grad
Kohäsion = 20.0 kN/m²
Korrelation = 1.000

Wichte = 21,3 kN/m³