Geotechnischer Bericht

zur

Erschließung des Gewerbegebiets "Mittelbiberacher Steige" in 88441 Mittelbiberach

Aktenzeichen: AZ 17 11 069

Bauvorhaben: Erschließung des Gewerbegebiets "Mittelbiberacher Steige"

88441 Mittelbiberach - Baugrunderkundung -

Auftraggeber: Stadt Biberach

Tiefbauamt Zeppelinring 50 88441 Biberach

Fachplaner: ES Tiefbauplanung

Industriestraße 49 88441 Mittelbiberach

Bearbeitung: M.Sc.-Geol. Christian Weippert

Datum: 22.01.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	4
2	Geomorphologie des Untersuchungsgebietes	5
2.1	Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals	5
3	Geotechnisches Baugrundmodell	7
3.1	Bautechnische Beschreibung der Schichten	7
3.2	Bodenmechanische Laborversuche	g
3.2.1	Korngrößenverteilung nach DIN 18123	g
3.3	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	10
4	Georisiken	13
4.1	Seismische Aktivität	13
5	Hydrogeologie	13
5.1	Grundwasserverhältnisse	13
5.2	Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA A - 138 (April 2005)	13
6	Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen	14
6.1	Baumaßnahme	14
6.2	Baugrundkriterien	15
6.3	Gründungsempfehlung	16
6.3.1	Bauwerke ohne Unterkellerung	16
6.3.2	Bauwerke mit Unterkellerung	19
6.4	Baugrube	20
6.5	Trockenhaltung von Bauwerken	21
6.6	Kanalbau	21
6.7	Straßenbau	23
7	Hinweise und Empfehlungen	25

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab: unmaßstäblich
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, unmaßstäblich
- 2.1-2 Geotechnische Baugrundschnitte I-I, II-II, M.d.H. 1:100 / 1:50, M.d.L. unmaßstäblich
- 3 Fotodokumentation
- 4.1-5 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1] ES Tiefbauplanung, Industriestraße 49, 88441 Mittelbiberach, Übersichtsplan "GG Mittelbiberacher Steige"
- [2] Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25.000, Blatt 7924 Biberach a.d. Riß Süd
- [3.1] DIN EN 1997-1, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [3.2] DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- [3.3] DIN EN 1997-2/NA, Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter
- [3.4] DIN 1054:2012-12; Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [4] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef: Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, August 2008
- [5] Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben "EAB", 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 206, 304 Seiten
- [6] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012

1 Vorgang

Die Stadt Biberach beabsichtigt die Erschließung des Gewerbegebiets "Mittelbiberacher Steige" zwischen Mittelbiberach und Biberach. Planerisch unterstützt wird die Stadt von der ES Tiefbauplanung aus Mittelbiberach.

In Zusammenhang mit den geplanten Erschließungsmaßnahmen wurde die Fa. BauGrund Süd beauftragt, die geologische und hydrogeologische Beschaffenheit des Untergrundes im Bereich des geplanten Gewerbegebiets zu erkunden und die Ergebnisse zusammenfassend in einem geotechnischen Bericht nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1997-2 darzustellen und gründungstechnisch zu bewerten.

Der vorliegende Untersuchungsbericht gibt einen Überblick über die allgemeine Bebaubarkeit des Baugebiets wieder. Zur Erhöhung der Planungssicherheit wird jedoch empfohlen, im Zuge der Bebauung im Einzelnen objekt- und standortbezogene, ergänzende Baugrunderkundungen nachzuziehen.

Zur Beurteilung bzw. Erfassung der geologischen Schichtenabfolge im Projektgebiet wurden am 18.12. und 19.12.2017 auftragsgemäß insgesamt fünf Rammkernbohrungen BK 1-5/17 mit durchgehendem Gewinn gekernter Bodenproben bis in eine Tiefe von 6,0 m unter der Geländeoberkante (GOK) abgeteuft.

In Ergänzung zu den Aufschlussbohrungen wurden zur Ermittlung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit des Untergrundes, sowie zur weiteren Abgrenzung der geologischen Schichtenfolge am 11.01.2018 zwei schwere Rammsondierungen DPH 1-2/18 mit der schweren Rammsonde (dynamic probing heavy - DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft.

Die Lage des Untersuchungsgebiets ist aus dem Übersichtslageplan der Anlage 1.1 ersichtlich. Der Standort der einzelnen Aufschlüsse ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt.

Die erkundeten Bodenschichten wurden gemäß DIN EN ISO 14688-1:2013-12, DIN 18196:2011-05, DIN 18300:2015-08 und DIN 18301:2015-08 ingenieurgeologisch aufgenommen, wobei eine Zusammenfassung stratigraphisch gleicher Schichten stattfand. Daher können diese von der genormten Farbgebung für Lockergesteine teilweise abweichen. Anschließend erfolgte aus den Bodenprofilen der Rammkernbohrungen und den Rammsondierdiagrammen die Erarbeitung eines geologischen Baugrundmodells, welches in den Anlagen 2.1-2 wiedergegeben ist.

Die mit den Aufschlussbohrungen zu Tage geförderten Böden sind in der Fotodokumentation der Anlage 3 abgebildet.

Aus den Aufschlussbohrungen wurden gestörte Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor der Fa. Baugrund Süd bodenmechanisch untersucht. Die Ergebnisse der Laborversuche sind im Detail in den Anlagen 4.1-5 dokumentiert.

Die Lage der Untersuchungspunkte wurde vor Beginn der Feldarbeiten von Mitarbeitern der Fa. BauGrund Süd mittels GPS eingemessen. Die entsprechenden Rechts- und Hochwerte (Gauß-Krüger Koordinaten) der Aufschlusspunkte sind auf dem Lageplan in Anlage 1.2 verzeichnet.

2 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes

2.1 Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals

Die untersuchte Fläche liegt an der Mittelbiberacher Steige zwischen Mittelbiberach und Biberach und unterlag zuletzt einer ackerbaulichen Nutzung. An das Areal grenzen im Westen und Nordwesten bebaute Grundstücke an, ansonsten wird es von weiteren Ackerbzw. Grünflächen umgeben. Das Gelände steigt von Westen nach Osten an, so dass sich die Aufschlusspunkte um eine maximale Höhendifferenz von 8,41 m (BK 1/17 zu BK 5/17) unterscheiden.



Abbildung 1: Blick auf das Projektareal in Richtung Osten

Geologisch gesehen, liegt das Untersuchungsgebiet in der weiträumigen Moränenlandschaft des Alpenvorlandes. Dementsprechend wird der Untergrund überwiegend von eiszeitlichen Moränensedimenten unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebaut. Nach dem Eisrückzug kam es infolge von periodisch starken Winden zum Transport und zur bereichsweisen Ablagerung feinkörniger Sedimente (Löß). Nach ihrer Sedimentation waren die Böden intensiven Verwitterungsprozessen ausgesetzt, so dass sich nahe der Geländeoberfläche eine Verwitterungsdecke ausbildete. Entsprechend der ackerbaulichen Nutzung sind diese Verwitterungsböden an der Geländeoberfläche stark durchpflügt. Die Schichtenabfolge wird von einer geringmächtigen Mutterbodenauflage abgeschlossen.

2.2 Allgemeine Baugrundbeschreibung

Mit den abgeteuften Aufschlüssen kann für das Projektareal folgende generalisierte Schichtenabfolge zu Grunde gelegt werden:

Mutterboden / Ackerkrume (Rezent)

Verwitterungsdecke (Pleistozän-Holozän)

Löß (Pleistozän)

Moränenablagerungen (Pleistozän)

(Moränenkies /-sand, Grundmoräne)

Im Einzelnen wurden die erkundeten Schichten mit den abgeteuften Bohrungen und Sondierungen in folgenden Schichttiefen angetroffen:

Tabelle 1: Schichtglieder und Schichttiefen der Rammkernbohrungen (bis m unter Gelände)

Aufschluss	Mutterboden	Ackerkrume	Verwitterungs- decke	Löß	Moränen- ablagerungen
BK 1/17	0,00 - 0,10	0,10 - 0,50	0,50 - 1,70	1,70 - 3,80	3,80 - 6,00*
BK 2/17	0,00 - 0,10	0,10 - 0,40	0,40 - 1,70	-	1,70 - 6,00*
BK 3/17	0,00 - 0,05	0,05 - 0,50	0,50 - 1,70	1,70 - 3,20	3,20 - 6,00*
BK 4/17	0,00 - 0,20	-	0,20 - 0,80	-	0,80 - 6,00*
BK 5/17	0,00 - 0,20	-	0,20 - 1,20	-	1,20 - 6,00*

^{*} Endtiefe Rammkernbohrung

Tabelle 2: Schichtglieder und Schichttiefen Sondierungen (bis m unter Gelände)

Aufschluss **	Mutterboden	Ackerkrume	Verwitterungs- decke	Löß	Moränen- ablagerungen
DPH 1/18	0,00 - 0,10	0,10 - 0,50	0,50 - 1,80	1,80 - 3,90	3,90 - 6,00*
DPH 2/18	0,00 - 0,20	0,20 - 0,60	0,60 - 1,10	-	1,10 - 4,70*

^{*} Endtiefe Sondierung

^{**} Da es sich bei Rammsondierungen um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die Schichtgrenzen als Interpolation zu betrachten

3 Geotechnisches Baugrundmodell

3.1 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Durch Interpolation der punktuellen Aufschlüsse wurde unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge ein räumliches Baugrundmodell entwickelt. Der Aufbau, die Zusammensetzung, sowie die bautechnischen Eigenschaften des Untergrundes werden nachfolgend beschrieben. Das für die Erschließungsmaßnahme zugrunde gelegte Baugrundmodell ist dabei zusammenfassend in den Anlagen 2.1-2 dargestellt.

Mutterboden / Ackerkrume

Im gesamten Projektareal steht mit der Geländeoberkante zunächst eine rd. 0,05 m bis 0,20 m dicke Mutterbodenauflage an. Diese setzt sich aus einem dunkelbraun gefärbten, schwach sandigen bis sandigen, humosen und z.T. schwach kiesigen Schluff mit weicher Konsistenz zusammen.

Darunter folgen bis in eine Tiefe zwischen 0,40 m und 0,60 m u. GOK dunkelbraun bis braun gefärbte sandige bis stark sandige und vereinzelt kiesige Schluffe, die aufgrund der ackerbaulichen Nutzung stark umgelagert auftreten. Diese so genannte Ackerkrume enthält stellenweise Wurzelreste und weist gemäß der manuellen Prüfung des Bohrgutes eine weiche Konsistenz auf

Der Mutterboden sowie die Ackerkrume sind nicht tragfähig und sind vor Baubeginn flächig abzuschieben. Sie dürfen nur auf statisch nicht relevanten Flächen wiederverwendet werden.

Verwitterungsdecke

Unterhalb der Ackerkrume folgen Verwitterungssedimente, die bis in eine Tiefe zwischen 0,80 m und 1,70 m u. GOK reichen.

Aus bautechnischer Sicht handelt es sich bei den Verwitterungsböden überwiegend um braun gefärbte, schwach sandige bis stark sandige und vereinzelt kiesige Schluffe, die ebenfalls eine weiche Konsistenz aufweisen.

Im Bereich der Bohrung BK 2/17 überwiegen in einer Tiefe zwischen 0,40 m und 1,30 m u. GOK die Kiesanteile, so dass die Böden hier als schluffiger bis stark schluffiger und sandiger Fein- bis Grobkies zu beschreiben sind.

Die schweren Rammsondierungen DPH 1-2/17 registrierten innerhalb der Ackerkrume und der Verwitterungsdecke Schlagzahlen von $N_{10} = 1$ - 5 ($N_{10} = \text{Anzahl}$ der Schläge pro 10 cm Eindringtiefe des Sondiergestänges in das Erdreich) und geben damit eine weiche Konsistenz bzw. einen lockeren Lagerungszustand der Böden an.

Der Verwitterungshorizont ist in der angetroffenen Konsistenz bzw. Lagerungsdichte nur als gering tragfähig anzusehen, so dass er für den Abtrag von Bauwerkslasten nur bedingt geeignet ist.

Die Verwitterungsdecke ist aufgrund ihres hohen Feinanteils als frost- und witterungsempfindlich einzustufen.

Löß

Lößböden wurden mit den nordwestlich gelegenen Bohrungen BK 1/17 und BK 3/17 im Liegenden der Verwitterungsdecke aufgeschlossen.

Dabei handelt es sich um hellbraun bis rötlich braun gefärbte schwach schluffige bis schluffige Fein- bis Mittelsande, die sich bis in eine Tiefe zwischen 3,20 m und 3,80 m u. GOK erstrecken. Vereinzelt wurden auch höhere Schluffanteile in den Sanden angetroffen (BK 1/17 zwischen 1,70 m und 2,00 m u. GOK).

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung DPH 1/18 liegen innerhalb der Lößböden bei $N_{10} = 5$ - 12 und geben damit einen lockeren bis mitteldichten Lagerungszustand der sandigen Böden an.

Damit stellen die Lößablagerungen einen mäßig tragfähigen Baugrund dar, der je nach anfallenden Gebäudelasten mit mehr oder weniger starken Setzungen reagieren wird. Bei den feinkornreichen Sanden handelt es sich ebenfalls um frost- und witterungsempfindliche Böden.

Moränenablagerungen

Die zuunterst erkundete Schichteinheit wird von Moränensedimenten gebildet, die bis zur Endteufe der jeweiligen Aufschlussbohrungen reichen.

Die Zusammensetzung der eiszeitlichen Sedimente kann kleinräumig stark variieren. So handelt es sich zum einen um bindige Grundmoränenablagerungen, die von einem hellbraun bis grau gefärbten, sandigen und stark kiesigen Schluff gebildet werden. Zum anderen wurden auch nichtbindige Moränensande sowie Moränenkiese angetroffen, die überwiegend schluffig ausgeprägt sind. Sedimentationsbedingt kann es innerhalb der Moränenböden immer wieder zum Auftreten von Grobkomponenten (Steine) bis hin zur Blockgröße auftreten.

An der Schichtoberkante liegen die Moränenablagerungen noch in einer überwiegend weichen Konsistenz bzw. in einer lockeren Lagerungsdichte vor. Erst ab Tiefen zwischen 2,30 m und 4,50 m u. GOK nehmen sie eine steife Zustandsform bzw. einen mitteldichten Lagerungszustand an. Im Bereich der Bohrung BK 5/17 wird ab einer Tiefe von 4,00 m u. GOK auch eine halbfeste Zustandsform erreicht.

Dies wird auch durch die schwere Rammsondierung DPH 2/18 bestätigt, die innerhalb der Moränenablagerungen zunächst Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 1$ - 8 verzeichnete und damit eine weiche bis steife Konsistenz bzw. einen lockeren Lagerungszustand angibt. Erst ab einer Tiefe von 3,30 m u. GOK liegen die Werte durchgehend bei $N_{10} > 7$, so dass hier eine steife bis halbfeste Konsistenz bzw. ein mitteldichter bis dichter Lagerungszustand der Böden angenommen werden kann.

In mindestens mitteldichter Lagerung bzw. steifer Konsistenz bilden die Moränenablagerungen einen tragfähigen Untergrund der zur Bauwerksgründung herangezogen werden kann. Aufgrund der Heterogenität der Moränensedimente und deren Lagerungszustand bzw. Konsistenz, wird dringend empfohlen für künftige Bauvorhaben eine objektbezogene Baugrunderkundung nachzuziehen, um die Tiefenlage der tragfähigen Schichteinheit am jeweiligen Standort zu ermitteln.

3.2 Bodenmechanische Laborversuche

Zusätzlich zu der manuellen Ansprache des Bohrgutes wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die einzelnen Ergebnisse werden in den folgenden Ausführungen beschrieben.

3.2.1 Korngrößenverteilung nach DIN 18123

Eine Korngrößenverteilung liefert eine orientierende Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Durchlässigkeit, Frostempfindlichkeit, Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit, sowie die Eignung als Filtermaterial.

Die aus den Kornverteilungskurven ermittelte Zusammensetzung des Materials ist im Detail in der Tabelle 3 als auch in den Anlagen 4.1-5 aufgeführt.

Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten granulometrischen Analysen (s. Anlage 4.1-5)

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK.)	Kies- anteil [%]	Sand- anteil [%]	Schluff / Ton- anteil [%]	Bodenart	Geologische Einheit	Durchlässigkeits- beiwert [m/s]
BK 1/17	4,0 - 5,0	1	67,3	28,9 / 3,7	Fein- bis Mittelsand, schluffig	Moränensand	$k_f = 5.73 \times 10^{-7}*$ $[k_f = 1.15 \times 10^{-7}]^{**}$
BK 2/17	3,0 - 4,0	63,7	26,5	9,4 / -	Fein- bis Grobkies, sandig, schwach schluffig	Moränenkies	$k_f = 4,92 \times 10^{-4}$ $[k_f = 9,84 \times 10^{-5}]^{**}$
BK 4/17	1,0 - 2,0	52,3	26,2	17,9 / 3,3	Fein- bis Grobkies, sandig, schluffig	Moränenkies	$k_f = 5,68 \times 10^{-6}*$ $[k_f = 1,14 \times 10^{-6}]^{**}$
BK 5/17	1,2 - 2,0	39,2	30,3	25,8 / 4,7	Fein- bis Grobkies, stark sandig, schluffig	Moränenkies	$k_f = 4,24 \times 10^{-7}*$ $[k_f = 8,48 \times 10^{-8}]^{**}$
BK 5/17	2,0 - 2,5	48,2	24,8	20,7 / 4,9	Fein- bis Grobkies, sandig, schluffig	Moränenkies	$k_f = 9.94 \times 10^{-7}$ $[k_f = 1.99 \times 10^{-7}]^{**}$

^{*} Durchlässigkeitsbeiwert nach Seiler/USBR/Mallet

Wie der Tabelle 3 zu entnehmen ist, werden die angetroffenen Moränensande in der Bohrung BK 1/17 von einem schluffigen Fein- bis Mittelsand gebildet.

^{**} korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert nach DWA A-138

Aus der Kornverteilungslinie wurde für die Sande ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5,73 \text{ x}$ 10^{-7} m/s ermittelt.

Die Moränenkiese setzen sich gemäß den granulometrischen Analysen aus einem sandigen bis stark sandigen und schwach schluffigen bis schluffigen Fein- bis Grobkies zusammen. Der Durchlässigkeitsbeiwert der Kiese liegt gemäß den Laborergebnissen je nach Feinanteil zwischen $k_f = 4,92 \times 10^{-5}$ m/s und $k_f = 4,24 \times 10^{-7}$ m/s.

Nach Tabelle B.1 des Kommentars zum Arbeitsblatt DWA A-138 (August 2008) sind die Ergebnisse der Laborversuche mit einem Faktor von 0,2 zu korrigieren. Nach der Korrektur ergibt sich somit für den Moränensand ein korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,15 \times 10^{-7}$ m/s und für die Moränenkiese ein korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert zwischen $k_f = 9,84 \times 10^{-5}$ m/s und $k_f = 8,48 \times 10^{-8}$ m/s

Nach DIN 18130 sind die Moränensande somit als schwach durchlässig und die Moränenkiese als durchlässig bis schwach durchlässig zu beschreiben.

3.3 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht sind für die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden folgende Bodenkennwerte zugrunde zu legen:

Tabelle 4: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ _k [kN/m³]	Wichte (u. Auftrieb) γ _k ´ [kN/m³]	Reibwinkel dräniert $\phi_k[^\circ]$	Kohäsion dräniert c _k [kN/m²]	Steifemodul Es [MN/m²]
Verwitterungsdecke	18 - 19	8 - 9	22,5 - 25,0	1 - 4	2 - 4
Löß	17 - 18	7 - 8	27,5 - 30,0	0 - 2*	5 - 10
Grundmoräne (weich)	18 - 20	8 - 10	22,5 - 27,5	2 - 5	5 - 10
Grundmoräne (steif)	19 - 21	9 - 11	27,5 - 30,0	8 - 12	20 - 40
Moränensand (locker)	18 - 19	8 - 9	25,0 - 30,0	0 - 2*	5 - 10
Moränensand (mitteldicht)	18 - 19	8 - 9	30,0 - 35,0	0 - 2*	30 - 40
Moränenkies (locker)	19 - 21	9 - 11	27,5 - 30,0	0 - 2*	5 - 15
Moränenkies (mitteldicht)	19 - 21	9 - 11	32,5 - 35,0	0 - 2*	40 - 60

^{*}Scheinbare Kohäsion

Die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden sind nach alter Norm (DIN 18300:2012 und DIN 18301:2012) erd- und grundbautechnisch wie folgt zu klassifizieren:

Tabelle 5: Erdbautechnische Klassifizierung der Böden

Schichten	Bodengruppe [DIN 18196: 2011-05]	Bodenklasse [DIN 18300: 2012-09]	Frost- empfindlichkeit [ZTV E-StB 09;Tab.1]	Bodenklasse [DIN 18301: 2012-09]
Verwitterungsdecke / Ackerkrume	UL, SU*	4	F3	BB2, BN2
Löß	SU, SU*, UL	3, 4	F2, F3	BN1, BN2
Grundmoräne	UL, UM, TL, GU*	4, 5	F3	BB2, BB3, BS1
Moränensand	SU, SU*,	3, 4	F2, F3	BN1, BN2
Moränenkies	GW, GU, GU*	3, 4, 5	F1, F2, F3	BN1, BN2, BS1

Entsprechend der Neufassung der DIN 18300 von 2015-08 sind Boden und Fels in der Vergabeordnung (VOB) in Homogenbereiche einzuteilen. Demnach ist ein Homogenbereich ein begrenzter Bereich aus einer oder mehreren Boden- und Felsschichten nach DIN 4020 und DIN EN 1997-2, dessen bautechnische Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben. Der Mutterboden und die Ackerkrume werden in den Homogenbereichen nicht erfasst, da diese Böden in der Regel bautechnisch nicht geeignet sind und vor der Bauausführung abzutragen sind.

Auf der Basis der vorliegenden Baugrundaufschlussergebnisse, den zum Baugrund vorliegenden Erfahrungswerten sowie aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der anstehenden Baugrundschichten wird vorgeschlagen, die anstehenden Böden in folgende Homogenbereiche zu unterteilen.

Tabelle 6: Einteilung der Baugrundschichtung in Homogenbereiche

Homogenbereich	Baugrundschichtung
А	Verwitterungsdecke (Vwd)
В	Löß (Lö)
C1	Grundmoräne (GMO)
C2	Moränensand (MS)
C3	Moränenkies (MG)

Gemäß DIN 18300:2015-08 können für die o.a. Homogenbereiche folgende Eigenschaften und Kennwerte zugrunde gelegt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass die Erschließungsmaßnahmen aufgrund der erkundeten Baugrundabfolge der **Geotechnischen Kategorie 2** zu zuordnen sind.

Tabelle 7: Kennwerte/Eigenschaften der Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08 für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 (GK 2)

Kennwert /		Homogenbereich					
Eig	jenschaft	А	В	C1	C2	C3	
[%]	Т	0 - 10	0 - 10	2 - 15	0 - 10	0 - 10	
ilung	U	25 - 70	20 - 40	40 - 60	10 - 30	5 - 30	
Kornverteilung [%]	S	15 - 40	40 - 80	15 - 35	40 - 80	20 - 40	
Kor	G	10 - 60	0 - 5	10 - 40	0 - 15	40 - 70	
	ssenanteil eine [%]	0 - 3	-	0 - 10	0 - 5	0 - 15	
Masser	nanteil Blöcke [%]	-	-	0 - 3	0 - 1	0 - 3	
Massenanteil große Blöcke [%]		-	-	0 - 1	-	0 - 1	
Lagerungsdichte		locker	locker bis mitteldicht	-	locker bis mitteldicht	locker bis mitteldicht	
Konsistenz		weich	Matrix weich	weich bis halbfest	-	-	
Konsistenzzahl I _c		0,50 - 0,75	-	0,50 bis > 1,00	1	-	
Plastizitätszahl I _p [%]		3 - 10	-	5 - 30	-	-	
	e (feucht) γ kN/m³]	18 - 19	17 - 18	18 - 21	18 - 19	19 - 21	
Scher	dränierte festigkeit c _u kN/m²]	20 - 60	-	40 bis > 200	-	-	
Wassergehalt w _n [%]		15 - 30	-	8 - 25	-	-	
Organischer Anteil [%]		< 6	< 3	< 1	< 1	< 1	
Bodengruppe nach DIN18196: 2011-05		UL, SU*	SU, SU*, UL	UL, UM, TL, GU*	SU, SU*	GW, GU, GU*	
Frostempfindlichkeit [ZTV E-StB 09; Tab.1]		F3	F2, F3	F3	F2, F3	F1, F2, F3	
	tsübliche eichnung	Vwd	Lö	GMO	MS	MG	

4 Georisiken

4.1 Seismische Aktivität

Entsprechend der Erdbebenzonenkarte für Deutschland (Quelle: DIN 4149:2005-04), befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 0**, in dem gemäß dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensität 6,0 bis < 6,5 erreicht werden kann. Das Untersuchungsgebiet liegt in der **Untergrundklasse S** (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung)

Für eine Gründung in den Moränenablagerungen ist nach DIN EN 1998-1/NA:2012-08, Abs. 5.2.3 die **Baugrundklasse C** (feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz bzw. grobkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung) zugrunde zu legen.

5 Hydrogeologie

5.1 Grundwasserverhältnisse

Während der Baugrundaufschlussarbeiten am 18.12. und 19.12.2017 konnte mit Ausnahme der Bohrung BK 3/17 in den Rammkernbohrungen kein Zulauf von Wasser festgestellt werden. Der Wasserzulauf in der Bohrung BK 3/17 fand in einer Tiefe von 4,50 m u. GOK statt. Es ist davon auszugehen, dass es sich dabei um ein Schichtwasservorkommen handelt, dass sich in einer durchlässigen Lage innerhalb der Moränenablagerungen angesammelt hat.

Mit dem Auftreten von Schichtwasser, das sich partiell in durchlässigen Lagen im Untergrund einstaut, ist insbesondere nach langanhaltenden Niederschlagsereignissen zu rechnen. Einen durchlässigen Untergrund können die Moränenkiese und -sande je nach Feinkornanteil darstellen. Die Böden der Grundmoräne sowie der Verwitterungsdecke und die feinkornreichen Lößböden sind hingegen als nahezu wasserundurchlässig zu beschreiben.

Es ist zu beachten, dass es sich nur um eine Momentaufnahme handelt. Für genauere Langzeitbeobachtungen der Wasserverhältnisse im Untergrund wird die Errichtung von Grundwasserbeobachtungsmessstellen im Baugebiet empfohlen.

5.2 Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA A - 138 (April 2005)

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden.

Nach dem DWA A - 138 sind Böden zur Versickerung geeignet, deren Wasserdurchlässigkeit zwischen $k_f = 1.0 \times 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1.0 \times 10^{-6}$ m/s beträgt.

Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1,0 \times 10^{-6}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abgeleitet werden müssen.

Die angetroffenen, bindigen Verwitterungssedimente sowie die Ackerkrume und die feinkornreichen Lößböden weisen erfahrungsgemäß einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f << 1 \ x \ 10^{-6} \ m/s$ auf und sind damit für eine Versickerung von Oberflächenwasser ungeeignet.

Die Laborergebnisse in Abschnitt 3.2.1 zeigen, dass die Moränenablagerungen je nach Zusammensetzung sehr unterschiedlich durchlässig sind. Die Kiese, die im Bereich der geplanten Versickerungsanlage (BK 5/17) aufgeschlossen wurden, weisen im Mittel einen korrigierten Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,42 \times 10^{-7}$ m/s auf. Sie erfüllen damit nicht die Vorgaben der DWA - A138 und sind daher für eine Versickerung ebenfalls nicht geeignet.

Einzig die mit den Bohrungen BK 2/17 und BK 4/17 aufgeschlossenen Moränenkiese sind schwach schluffig ausgeprägt und weisen i.d.R. eine ausreichende Durchlässigkeit von $k_f = 1 \times 10^{-3}$ m/s bis $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s auf. So wurde im Laborversuch ein korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 9,84 \times 10^{-5}$ m/s für die Kiese der Bohrung BK 2/17 ermittelt.

Eine Versickerung an diesen Standorten wäre somit grundsätzlich machbar, jedoch ist unklar, ob das sickerfähige Substrat aufgrund der hohen Heterogenität der Moränenablagerungen in einer ausreichenden Mächtigkeit ansteht oder ob es sich lediglich um Kieslinsen mit einer geringen lateralen Ausdehnung handelt.

Sollte eine Verlegung der Sickerflächen in einen der Bereiche (BK 2/17 oder BK 4/17) in Erwägung gezogen werden, wird empfohlen die tatsächliche Sickerfähigkeit der Böden an diesen Standorten mittels Sickerversuchen im Baggerschurf zu überprüfen. Diese Leistung kann auf Wunsch durch die Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

Die Planung einer Versickerungsanlage ist grundsätzlich mit der Zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

6 Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen

6.1 Baumaßnahme

Die Stadt Biberach beabsichtigt in Mittelbiberach ein neues Gewerbegebiet ("Mittelbiberacher Steige") auszuweisen. Neben der Bebauung, die unterkellerte und nicht unterkellerte Bauwerke enthalten kann, wird für die Erschließung auch der Bau von Zufahrtsstraßen sowie Kanalbauwerken notwendig.

Da für das geplante Gewerbegebiet noch keine genaueren Entwurfspläne vorliegen, wird im Folgenden allgemein auf die geotechnischen Belange der Erschließung und dessen Bebaubarkeit eingegangen. Es wird angesichts der derzeit unbekannten Bauweise und Lastverhältnisse empfohlen, ergänzende standort- und objektspezifische Baugrunduntersuchungen entsprechend der Anforderungen der einzelnen Bauwerke durchzuführen.

6.2 Baugrundkriterien

Wie dem Baugrundmodell in den Anlage 2.1-2 zu entnehmen ist, wird der Untergrund im Untersuchungsareal von einem fünf-Schichten-Baugrundmodell aufgebaut.

Dieses wird an der Geländeoberkante zunächst von nicht tragfähigen Deckschichten, dem Mutterboden und der Ackerkrume gebildet, die bis in eine Tiefe von rd. 0,50 m u. GOK reichen und vor Baubeginn flächig abzuschieben sind.

Auch die unterlagernde Verwitterungsdecke weist in ihrer weichen Konsistenz nur eine geringe Tragfähigkeit auf, so dass sie nur bedingt als Gründungssubstrat geeignet ist. Sie stellt darüber hinaus einen frost- und witterungsempfindlichen Untergrund dar.

Im Bereich der Bohrungen BK 1/17 und BK 3/17 wird die Verwitterungsdecke in der Tiefe von hellbraun gefärbten, sandigen Lößböden abgelöst. Die locker bis mitteldicht gelagerten Sande reichen bis in Tiefen zwischen 3,20 m und 3,80 m u. GOK und weisen, nur eine mäßige Tragfähigkeit auf und sind ebenfalls als frost- und witterungsempfindlich anzusehen.

Im westlichen Abschnitt des Gewerbegebiets stehen ab einer Tiefe zwischen 1,70 m und 3,80 m schließlich Moränensedimente im Untergrund an, die eine Wechselfolge aus bindiger Grundmoräne und nichtbindigen Moränenkiesen und -sanden bilden. Mit den östlichen Aufschlussbohrungen BK 4/17 und BK 5/17 wurden diese Böden bereits ab einer Tiefe zwischen 0,80 m und 1,20 m u. GOK angetroffen.

Die Moränensedimente weisen an der Schichtoberkante zunächst eine weiche Zustandsform bzw. eine lockere Lagerungsdichte und sind hier nur als mäßig tragfähig anzusehen. Ab einem Tiefenbereich zwischen 2,30 m und 4,50 m u. GOK nehmen sie schließlich eine steife bis halbfeste Konsistenz sowie einen mitteldichten bis dichten Lagerungszustand an und bilden damit einen tragfähigen Baugrund.

Wie bereits erwähnt wird insbesondere aufgrund der heterogenen Zusammensetzung der Moränensedimente dringend empfohlen im weiteren Verlauf objektbezogene Baugrunderkundungen durchzuführen um die Tiefenlage der tragfähigen Schichteinheiten am jeweiligen Standort genau zu bestimmen und somit ein möglichst wirtschaftliches Gründungskonzept entwickeln zu können.

6.3 Gründungsempfehlung

Wie bereits erwähnt, liegen für das Erschließungsgebiet noch keine konkreten Gebäudepläne vor, so dass im Folgenden allgemein auf die möglichen Ausführungsvarianten der Bauwerke (mit und ohne Unterkellerung) eingegangen wird.

6.3.1 Bauwerke ohne Unterkellerung

Nicht unterkellerte Bauwerke werden nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen nach Abtrag des Mutterbodens und der Ackerkrume in der Verwitterungsdecke zu liegen kommen.

Je nach anfallenden Bauwerkslasten und der Setzungsempfindlichkeit des Gebäudes kann die Gründung auf einer **elastisch gebetteten Bodenplatte** erfolgen. Die Bodenplatte ist dabei auf einem Bodenersatzkörper mit einer Mindestmächtigkeit **von d**_{min} \geq **0,80 m** abzusetzen.

Zur Frostsicherung **(Frosteinwirkzone 2)** der anstehenden witterungsempfindlichen Sedimente sind entsprechende Frostriegel mit einer Tiefe von mindestens 1,0 m vorzusehen.

Vor dem Aufbau des Bodenersatzkörpers ist eine 0,10 m starke Grobkornlage statisch in den Untergrund einzuwalken, die mit einem Geovlies (GRK 3) von dem Kiespolster abgegrenzt wird um ein Auflager für den eigentlichen Bodenersatzkörper zu schaffen.

Ggf. kann eine Baugrubensohlabnahme durch den Unterzeichner Aufschluss darüber geben, ob die Mächtigkeit des Bodenersatzkörpers reduziert werden und ob auf die Grobkornlage verzichtet werden kann.

Als **Bodenersatzkörper** ist anschließend ein gut kornabgestuftes Kies-Sand Gemisch (z.B. FSK 0/45) mit einem Schluffanteil von < 5 % lagenweise einzubauen ($d_{max} = 0.3$ m) und auf 98 % einfache Proctordichte zu verdichten. Das lastverteilende Polster ist dabei am Plattenrand so breit auszubilden, dass sich dort ein Lastausbreitungswinkel von 45° einstellen kann.

Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist mit statischen Lastplattendruckversuchen zu überprüfen. Dazu ist auf dessen Oberkante ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80$ MN/m² und ein Verhältniswert von E_{v2} / $E_{v1} \leq 2,5$ nachzuweisen. Die geotechnischen Kontrollprüfungen können auf Wunsch durch die Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

Für eine Gründung nicht unterkellerter Bauwerke, welche wie oben beschrieben auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte zu liegen kommen, kann für deren Vorbemessung ein Bettungsmodul in der Größenordnung von

 $k_s = 3 - 7 MN/m^3$

abgeschätzt werden.

Da der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen, der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt, wird empfohlen, den tatsächlichen Bettungsmodulverlauf der o.g. Bodenplatten nach Vorlage von Lastenplänen und Ausführungsplänen und aktueller Baugrundabfolge anhand einer detaillierten Setzungsberechnung ermitteln zu lassen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. Baugrund Süd ausgeführt werden.

Werden hohe Bauwerkslasten erwartet (z.B. Hochregallager) wird dringend empfohlen die Machbarkeit dieser Gründungsvariante mit einer detaillierten Setzungsberechnung zu überprüfen.

Alternativ kann die Gründung der nichtunterkellerten Bauwerke auch auf tiefer geführten **Einzel- und Streifenfundamenten** erfolgen, die einheitlich in den mindestens steifen bzw. mitteldichten Moränenablagerungen abgesetzt werden. Dabei sind die gering tragfähigen Deckschichten (Ackerkrume, Verwitterungsdecke, Löß, weiche bzw. lockere Moränenablagerungen) mit Magerbetonvertiefungen zu durchstoßen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand steht die tragfähige Schichteinheit zwischen 2,30 m und 4,50 m u. GOK an. Je nach Tiefenlage und evtl. auftretenden Schichtwasservorkommen wird es ggf. erforderlich die Magerbetonvertiefungen im Schutze einer Hilfsverrohrung nach Art einer Brunnengründung auszuheben. Es wird daher empfohlen, objekt- und standortbezogene Baugrunderkundungen durchzuführen, um die Tiefenlage der tragfähigen Schichten eindeutig festzulegen.

Zur Vorbemessung der Einzel- und Streifenfundamente wird empfohlen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ gemäß Tabelle A 6.6 Eurocode 7 [3.1] anzusetzen.

Tabelle 8: Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohldruckwiderstandes für Streifenfundamente auf gemischtkörnigem Boden (SU*, ST, ST*, GU*, GT* nach DIN 18196) aus [3.1]. Die auf Grundlage der Tabelle A 6.6 bemessenen Fundamente können bei mittiger Belastung der Fundamente zu Setzungen in der Größenordnung von 2 cm bis 4 cm führen.

AZ 17 11 069, Erschließung Gewerbegebiet "Mittelbiberacher Steige", in 88441 Mittelbiberach

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte σ _{R,d} des Sohlwiderstands [kN/m²]				
. ,		mittlere Konsistenz			
[m]	steif	halbfest	fest		
0,50	210	310	460		
1,00	250	390	530		
1,50	310	460	620		
2,00	350	520	700		
mittlere einaxiale Druckfestigkeit q _{u,k} in kN/m²	120 bis 300	300 bis 700	>700		

ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Anwendung der Tabelle 6 (bzw. Tabelle A 6.6 [3.1]) sich auf Streifenfundamente bezieht. Bei Rechteckfundamenten (Einzelfundamenten) mit einem Seitenverhältnis von b_L / b_B < 2 bzw. b_L' / b_B' < 2 und bei Kreisfundamenten darf der in Tabelle A 6.6 [3.1] angegebene Bemessungswert $\sigma_{R, d}$ des Sohlwiderstandes um 20 % erhöht werden.

Es wird geraten, nach Vorlage von Bauwerksplänen und Bauwerkslasten eine detaillierte Grundbruch- und Setzungsberechnung durchführen zu lassen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

Zudem wird empfohlen, die Aufstandsebene der Gründungselemente vom Verfasser dieses Berichtes abnehmen zu lassen.

Für eine **setzungsfreie Gründung** ist die Bodenplatte **deckenartig** auszubilden. Unterhalb der Bodenplatte ist eine kapillarbrechende Schicht vorzusehen.

Sofern die Bodenplatte untergeordnete Belastungen erfährt oder Setzungen zugelassen werden, kann diese auch **schwimmend** zwischen den Fundamenten ausgebildet werden. Die Bodenplatte ist dabei auf einem lastverteilenden Polster mit einer Mindestmächtigkeit von $d_{min} \geq 0,50$ m aus einem hochverdichtbaren Kies-Sand-Gemisch (z.B. FSK 0/45) abzusetzen. Der Bodenersatzkörper ist lagenweise in Schüttlagen von $d \leq 0,30$ m einzubauen und auf mind. 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Zwischen gewachsenem Untergrund und lastverteilendem Polster ist dabei ein Trennvlies (GRK 3) zu verlegen.

Der fachgerechte Einbau des Kiespolsters ist anhand von statischen Lastplattendruckversuchen (Anforderung: $E_{V2} > 80$ MN/m²; $E_{V2}/E_{V1} < 2,5$) zu überprüfen. Diese Feldversuche können auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

6.3.2 Bauwerke mit Unterkellerung

Bei einer Gründung mit Unterkellerung wird derzeit davon ausgegangen, dass die Unterkante der Bodenplatte der unterkellerten Gebäudeteile ca. 3,0 m unterhalb der momentanen Geländeoberkante zu liegen kommen wird. Den Aufschlussergebnissen nach liegt das Gründungsniveau in diesem Falle stellenweise bereits in den tragfähigen steifen bzw. mitteldichten Moränenablagerungen und z.T. in den mäßig tragfähigen, locker bis mitteldicht gelagerten Lößböden.

Somit ist je nach Objektstandort mit den nachfolgenden Baugrundsituationen zu rechnen:

Situation 1 - Flächig anstehende, tragfähige Moränenablagerungen in der Gründungsebene Stehen im Bereich der Gründungssohle bereits durchweg steife bzw. mitteldicht gelagerte Moränenablagerungen an, so können die Bauwerke auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte, wie oben (Abschnitt 6.3.1) beschrieben gegründet werden. Dabei kann der vliesunterlegte Bodenersatzkörper auf eine Ausgleichsschicht von 0,20 m reduziert werden. Des Weiteren ist das Einwalken der Grobkornlage hier nicht erforderlich.

Zur Vorbemessung der Bodenplatte kann in diesem Fall ein Bettungsmodul von

 $k_s = 8 - 15 MN/m^3$

angenommen werden.

Da der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt, wird empfohlen, den tatsächlichen Bettungsmodulverlauf der o.g. Bodenplatten nach Vorlage von Lastenplänen und Ausführungsplänen und aktueller Baugrundabfolge anhand einer detaillierten Setzungsberechnung ermitteln zu lassen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. Baugrund Süd ausgeführt werden.

<u>Situation 2 - Restmächtigkeiten gering tragfähiger Schichten in der Gründungsebene</u>
Sollten hingegen noch Restmächtigkeiten der Lößböden oder aufgeweichte Moränensedimente in der Baugrubensohle anstehen, so ist der Bodenersatzkörper wie in Abschnitt 6.3.1 beschrieben mit einer Mächtigkeit von 0,80 m auszubilden und ggf. eine 0,10 m starke Grobkornlage statisch in den Untergrund einzuwalken.

Alternativ kann die Gründung der unterkellerten Gebäude auch auf Einzel- und Streifenfundamenten erfolgen, die einheitlich in der mindestens steifen Grundmoräne bzw. in den mindestens mitteldicht gelagerten Moränenkiesen und -sanden abgesetzt werden.

Bei der angenommenen Tiefenlage der Bodenplatte von 3,0 m u. GOK betragen die Restmächtigkeiten der Lößböden bzw. der weichen Moränenablagerungen noch etwa 0,80 m bis 1,50 m, so dass hier eine entsprechende Einbindetiefe der Fundamente vorzusehen ist.

Zur Vorbemessung der Einzel- und Streifenfundamente wird empfohlen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ gemäß Tabelle A 6.6 Eurocode 7 [3.1] anzusetzen, die in Tabelle 6 aufgeführt sind.

Aufgrund der zu erwartenden Schichtwasservorkommen und den mitunter wasserundurchlässigen Schichteinheiten im Untergrund, darf die Bodenplatte nur frei schwimmend zwischen den Fundamenten abgesetzt werden, sofern die Entwässerung des Bauwerks mit einem dauerhaft wirksamen Drainagekonzept nach DIN 4095 behördlich genehmigt wird. Die Bodenplatte kann dann auf einem rd. 0,40 m mächtigen Kies-Sand-Gemisch Bodenersatzkörper aus einem abgesetzt werden. Bodenersatzkörper ist lagenweise in Schüttlagen von d ≤ 0,30 m einzubauen und auf mind. 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Zwischen gewachsenem Untergrund und lastverteilendem Polster ist dabei ein Trennvlies (GRK 3) zu verlegen.

Der fachgerechte Einbau des Kiespolsters ist anhand von statischen Lastplattendruckversuchen (Anforderung: $E_{V2} > 80$ MN/m²; $E_{V2}/E_{V1} < 2,5$) zu überprüfen. Diese Feldversuche können auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

Wird die Anordnung eines dauerhaft wirksamen Drainagesystems hingegen nicht genehmigt, so ist die Bodenplatte deckenartig auszubilden (vgl. Abschnitt 6.5).

6.4 Baugrube

Für die Errichtung unterkellerter Gewerke wird eine rd. 3,00 m tiefe Baugrube notwendig. Lassen die Platzverhältnisse eine freie Böschung zu, kann diese in den angetroffenen Böden unter max. 1:1 (45°) frei geböscht werden. Einzig in der steifen Grundmoräne sind Böschungswinkel von bis zu 60° machbar.

Bei Geländeeinschnitten von > 3,00 m, ist nach 3,00 m Höhe eine Berme von 1,50 m Breite anzuordnen. Geböschte Baugruben mit mehr als 5,00 m Tiefe müssen in ihrer Standsicherheit rechnerisch nachgewiesen werden. Dies gilt auch für den Fall, wenn die Böschung steiler als angegeben ausgeführt wird.

Eventuell auftretende Schichtwasseraustritte sind mittels Stützscheiben aus Einkornbeton zu fassen.

Die Böschungen sind umgehend nach Freilegung mit Baufolien, die windfest angebracht werden müssen, abzudecken. An den Böschungsschultern ist ein lastfreier Schutzstreifen von mindestens 1,50 m Breite vorzusehen.

Sollten die Platzverhältnisse eine frei geböschte Baugrube nicht gestatten, ist diese im Schutze eines Verbausystems auszuheben.

Hier kommt beispielsweise ein Trägerbohlwandverbau (Berliner Verbau) in Frage. Die Ausfachung zwischen den Trägern kann über Spritzbeton oder Holzbohlen erfolgen, wobei im Falle einer Spritzbetonausfachung Drainageöffnungen vorzusehen sind.

Die Ausfachung ist dabei so einzubringen, dass ein möglichst gleichmäßiges Anliegen am Erdreich sichergestellt ist. Dabei darf der Bodenaushub nicht im unzulässigen Maß vorauseilen (Abschlagstiefe ist anhand der tatsächlichen Baugrundbeschaffenheit zu wählen). Der Verbau ist statisch nachzuweisen.

6.5 Trockenhaltung von Bauwerken

Gemäß den Ergebnissen der Baugrunderkundung reicht es aus, die erdberührenden Bauteile der nicht unterkellerten Bauwerke nach den Richtlinien der **DIN 18533**, **Klasse W1-E** (Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser) abzudichten, sowie mittels einer dauerhaft funktionsfähigen, rückstaufreien Drainage mit kapillarbrechender Wirkung nach den Vorgaben der DIN 4095 zu entwässern und rückstausicher abzuleiten.

Wird die Anordnung eines dauerhaft wirksamen Drainagekonzepts behördlich nicht genehmigt, so ist die Gründung der unterkellerten Gebäude aufgrund der anstehenden wasserundurchlässigen Böden und dem daraus resultierenden "Badewanneneffekt" auf eine elastisch gebettete bzw. eine punktgestützte Bodenplatte (deckenartige Ausbildung) auszulegen. Die erdberührenden Bauteile sind dann nach **DIN 18533, Klasse W2-E** (Abdichtung gegen drückendes Wasser) abzudichten. Alternativ kann auch eine Ausführung nach der "WU-Richtlinie" (Prinzip "Weiße Wanne") erfolgen.

6.6 Kanalbau

Die Sohle der Kanalgräben wird im Folgenden mit einer Höhe von 2,50 m u. GOK angenommen. Somit kommen die Kanaltrassen innerhalb der Moränenablagerungen und stellenweise in den sandigen Lößböden zu liegen.

Beim vorzunehmenden Grabenaushub sind die Ausführungen der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) einzuhalten. Sollten die Platzverhältnisse ausreichend sein, kann der Kanalbau innerhalb einer geböschten Baugrube durchgeführt werden, wobei die Böschungen in den angetroffenen Böden nicht steiler als unter 1:1 (45°) und in der steifen Grundmoräne nicht steiler als 60° ausgebildet werden dürfen.

Bei einer Gründung des Kanalsystems in den Moränenablagerungen (Grundmoräne, Moränenkies, Moränensand) wird nach intensiver Nachverdichtung der Grabensohle das Einbringen einer rd. 0,2 m mächtigen Ausgleichs- oder Sauberkeitsschicht unterhalb der Bettung aus hochverdichtbarem, kornabgestuftem Material (V1) empfohlen. Die Notwendigkeit der Ausgleichsschicht ergibt sich anhand der bei der Bohrkampagne erkundeten Grobkornanteile (Steine) in den Moränenkiesen und ist im Zuge der geotechnischen Abnahme der Rohrsohle nochmals zu überprüfen.

Durchfährt das Kanalsystem die sandigen Lößböden, entfällt in diesen Bereichen das Einbringen der Ausgleichsschicht. Die Grabensohlen sind auch hier intensiv nachzuverdichten.

Zu beachten ist, dass die anstehenden Böden witterungsempfindlich reagieren und bei Niederschlag in eine ungünstige Konsistenz übergehen können. Vor diesem Hintergrund sollten entsprechende Kanalsohlen, wenn möglich, nur bei Trockenwetter freigelegt und kurzfristig wieder überdeckt werden. Je nach Fortschritt der Arbeiten ist eine Schutzschicht vor endgültigem Sohlaushub zu belassen.

Unter Berücksichtigung der Aushubentlastung ergeben sich aus den Kanalbauwerkslasten keine nennenswerten, setzungsrelevanten Zusatzlasten.

Die Ausführung des Rohrauflagers kann aus einem kornabgestuften Sand-Kiesgemisch oder Sand-Splitt-Gemisch hergestellt werden. Die Stärke (S) des Auflagers richtet sich nach dem vorgesehenen Kanalrohrdurchmesser (S = 100 mm + 1/10 x Nennweite des Kanalrohres).

Für die Gründung der Schachtbauwerke ist entsprechend zu verfahren.

Im Bereich der Leitungszone ist generell ein gut verdichtbares Ersatzmaterial (V1) zu schütten und auf 97 % D_{Pr} (Proctordichte) zu verdichten. In der Hauptverfüllzone ist je nach Verfüllmaterial eine Verdichtung zwischen 95 % und 98 % D_{Pr} herzustellen. Die Verdichtung ist im Zuge der Bauausführung zu prüfen und nachzuweisen (dynamische oder statische Plattendruckversuche / leichte Rammsondierungen).

Die feinkornreichen Sedimente der Verwitterungsdecke bzw. der Ackerkrume, des Löß und der Grundmoräne sind i. d. R. nicht ausreichend verdichtbar (V3) und für den Wiedereinbau in den Kanalgraben und die Verfüllung der Rohrgräben nicht geeignet. Jedoch kann eine Bodenverbesserung mittels Kalk-Zement-Stabilisierung in Betracht gezogen werden, um diese zum Wiedereinbau nutzen zu können. Dazu ist am anstehenden Boden vorab im Labor eine Eignungsprüfung bzw. in-situ anhand von Probefeldern das erforderliche Bindemittel und dessen Zugabemenge festzulegen. Vorbehaltlich ergänzender bodenmechanischer Untersuchungen kann im Rahmen einer ersten Kostenschätzung von einem Misch-Bindemittel (z.B. Dorosol C30) mit einer Zugabemenge von 4 – 10 % Gew.-% ausgegangen werden.

Es ist zu beachten, dass die Leitungen bei späteren Revisionsarbeiten im Falle einer Kalk-Zement-Stabilisierung nur mit erhöhtem technischen Aufwand (meißeln) wieder erreicht werden können.

Sollten die Leitungsgräben feinkornarme Moränenkiese oder -sande (GW, GU, SW, SU) durchfahren, kann dieses Bodenmaterial zur Wiederverfüllung der Gräben in der Hauptverfüllzone ohne Zusatzmaßnahmen verwendet werden.

Als Ersatz- und Verfüllmaterial kann jedes verdichtbare, inerte Mineralgemisch wie z.B. Sand-Kies oder Sand-Splitt-Schotter-Gemisch, wie auch güteüberwachtes Recyclingmaterial eingebaut werden.

6.7 Straßenbau

Im Folgenden wird zunächst allgemein auf die geotechnischen Belange des Straßenbaus eingegangen. Für die Herstellung des Straßenaufbaues wird die RStO 12 [6] zu Grunde gelegt. Es wird davon ausgegangen, dass die Verkehrsflächen in etwa auf der Höhe der derzeitigen Geländeoberkante angeordnet werden.

Gemäß der RStO 12 [6] wird die geplante Straße der Entwurfssituation "Gewerbestraße" und demnach der der Belastungsklasse 1,8 bis 100 zugeordnet. Die oberflächig anstehenden Böden sind der Frostempfindlichkeitsklasse F3 einzustufen, sodass der frostsichere Oberbau ohne Zu- und Abschläge mindestens 0,65 m betragen muss (RStO 12, Tabelle 6).

Nach Bild 6 der RStO 12 [6] ist der zu bewertende Standort der Frosteinwirkzone II zuzuordnen. Daher wird für die Mächtigkeit des Oberbaus ein Aufschlag von 0,05 m fällig (RStO 12, Tabelle 7).

Demnach ist für die geplanten Verkehrsflächen ein frostsicherer Oberbau von mindestens 0,70 m Dicke vorzusehen. Nach den getroffenen Annahmen in Bezug auf das Niveau der Verkehrsoberfläche kommt das Erdplanum nach Abtrag des Mutterbodens in den feinkornreichen Verwitterungssedimenten zu liegen.

Da die geforderten Prüfwerte ($E_{v2} \ge 45 \text{ MN/m}^2$) für die Aufstandsebene des frostsicheren Aufbaus in der Verwitterungsdecke erfahrungsgemäß nicht erreicht werden, ist eine Bodenverbesserung mittels Bodenaustausch durchzuführen.

Dabei sind 0,40 m im Aushubplanum unterhalb des frostsicheren Aufbaus anstehenden Verwitterungsböden gegen ein Kies-Sand-Gemisch mit max. 5 % Schluffanteil (z.B. FSK 0/45) auszutauschen. Der Kieskörper ist mit einem Vlies (GRK 2) vom anstehenden Untergrund zu trennen.

Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen zu überprüfen und zu dokumentieren. Die erforderlichen Verdichtungsprüfungen können auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

Auf dem so verbesserten Erdplanum (Bodenersatzkörper) kann dann im Anschluss der eigentliche frostsichere Straßenaufbau gemäß der RStO 12 [6] erfolgen.

Alternativ zu einem Bodenaustausch kann auch eine Stabilisierung bzw. Konditionierung der Verwitterungsdecke mittels Kalk-Zement ausgeführt werden, wobei eine Frästiefe von t = 0,4 m nicht unterschritten werden darf. Vorbehaltlich ergänzender bodenmechanischer Untersuchungen kann im Rahmen einer ersten Kostenschätzung von einem Misch-Bindemittel (z.B. Dorosol C30), mit einer Zugabemenge von 4 – 10 Gew.-% ausgegangen werden. Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass eine Konditionierung mittels Kalk-Zement nur in frostfreien Perioden auszuführen ist.

Darüber hinaus kann sich der Ausgangswassergehalt des zu verbessernden Substrates durch Niederschlagsereignisse deutlich erhöhen, mit der Folge, dass entweder die Zugabemenge erhöht oder das Additiv gewechselt werden muss.

7 Hinweise und Empfehlungen

Die im Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf die oben genannten Untersuchungsstellen. Abweichungen von gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung etc.) können auf Grund der Heterogenität des Untergrundes bzw. aufgrund des hier vorliegenden Untersuchungsrasters nicht ausgeschlossen werden.

Es ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich. Es wird daher empfohlen, zur Abnahme von Gründungssohlen den Unterzeichner des Berichtes heranzuziehen.

Zudem wird geraten, eine objektspezifische und ergänzende Baugrunderkundung bei Bebauung der einzelnen Flurstücke durchzuführen, um die gründungstechnischen Empfehlungen bauplatzbezogen festzulegen bzw. den baulichen Gegebenheiten entsprechend anzupassen.

Diese Leistungen können auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

Der vorliegende geotechnische Bericht bezieht sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes vorliegenden Planungsstand. Weitere Ausführungen der Planung sind ggf. mit dem Gutachter abzustimmen. Gegebenenfalls sind weitere Aufschlüsse bzw. Berechnungen erforderlich, um die bisherigen geotechnischen Angaben und Empfehlungen dem aktuellen Planungsstand bzw. der Ausführungsplanung gegenüber bestätigen zu können.

Evtl. erforderliche Kontrollprüfungen für den Nachweis der fachgerechten Herstellung der Bodenersatzkörper können durch den Unterzeichner vorgenommen werden.

Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Alois Jäger/

Geschäftsführer

Christian Weippert

M.Sc.-Geol.

baugrund sūd

Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH

Erschließung Gewerbegebiet Mittelbiberacher Steige in 88441 Mittelbiberach

AZ 17 11 069

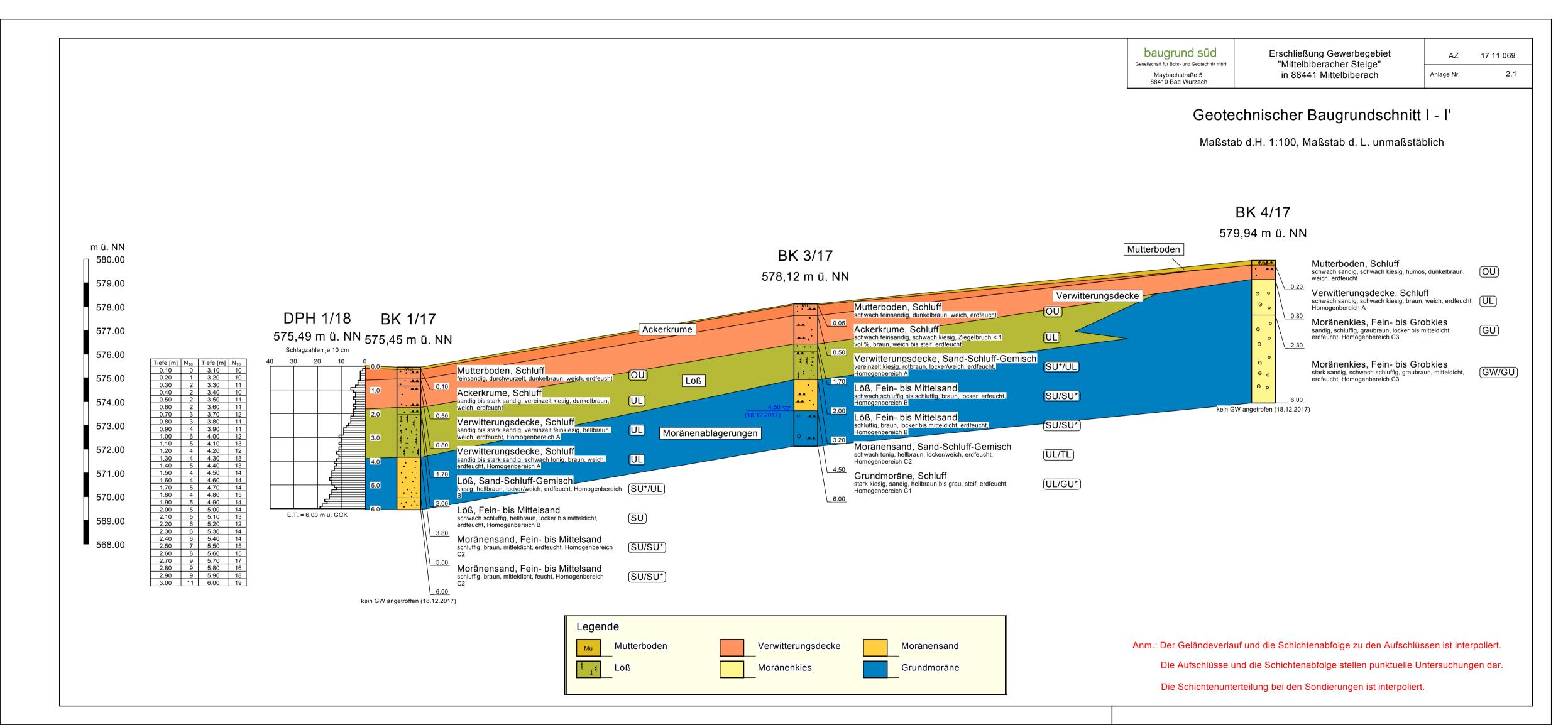
Anlage: 1.1

Übersichtslageplan ohne Maßstab



Bilder © 2017 Google,Kartendaten © 2017 GeoBasis-DE/BKG (©2009),Google 500 m





baugrund sūd Erschließung Gewerbegebiet ΑZ 17 11 069 Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH "Mittelbiberacher Steige" 2.2 in 88441 Mittelbiberach Anlage Nr Maybachstraße 5 88410 Bad Wurzach Geotechnischer Baugrundschnitt II - II' Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich BK 5/17 583,86 m ü. NN m ü. NN 584.00 Mutterboden, Schluff (OU) schwach sandig, schwach kiesig, humos, braun, weich, DPH 2/18 Verwitterungsdecke, Schluff 583.00 kiesig, schwach sandig, braun, weich, erdfeucht, Homogenbereich 582,25 m ü. NN Schlagzahlen je 10 cm Moränenkies, Fein- bis Grobkies BK 2/17 stark sandig, schluffig, hellbraun bis grau, locker bis mitteldicht, Matrix weich bis steif, erdfeucht, Tiefe [m] N₁₀ Tiefe [m] N₁₀ 0.10 0 3.60 13 (UL) Mutterboden Homogenbereich C3
 0.20
 1
 3.70
 12

 0.30
 2
 3.80
 12
 582.00 0.20 581,36 m ü. NN Moränenkies, Fein- bis Grobkies 2 3.90 29 1 4.00 31 1 4.10 33 Ackerkrume (UL) sandig, schluffig, graubraun, mitteldicht, Matrix steif, erdfeucht, Homogenbereich C3 Mutterboden, Schluff 0.70 2 4.20 33 0.80 1 4.30 35 0.90 1 4.40 41 1.00 2 4.50 62 Verwitterungsdecke feinsandig, humos, durchwurzelt, dunkelbraun, weich, 581.00 Grundmoräne. Schluff Ackerkrume, Schluff (UL/UM)
 1.10
 3
 4.60
 65

 1.20
 6
 4.70
 100

 1.30
 6
 kiesig, sandig, schluffig, hellbraun bis grau, mitteldicht, sandig, kiesig, vereinzelt steinig, braun, weich, erdfeucht Matrix steif, erdfeucht, Homogenbereich C1 0.40 2.0 Verwitterungsdecke, Fein- bis Grobkies 1.40 GU/GU* schluffig bis stark schluffig, sandig, braun, locker, 580.00 1.70 6 Verwitterungsdecke, Schluff (UL) sandig, kiesig, vereinzelt steinig, braun, weich, erdfeucht, 3.0 2.00 6 1.70 Grundmoräne, Schluff 579.00 Moränenkies, Kies-Sand-Schluff-Gemisch (UL/UM) stark kiesig, stark sandig, vereinzelt steinig, hellbraun bis grau, halbfest, erdfeucht, Homogenbereich C1 GU* aun, locker bis mitteldicht, erdfeucht, Homogenbereich 2.50 2 2.60 2 2.70 4 2.80 8 3.00 4.0 Moränenablagerungen 578.00 2.90 8 kein GW angetroffen (19.12.2017) 3.00 7 3.10 5 3.20 4 3.30 7 E.T. = 4,70 m u. GOK Moränenkies, Fein- bis Grobkies 3.40 10 3.50 12 577.00 stark sandig, schwach schluffig, schwach steinig, graubraun, mitteldicht, schwach feucht, Homogenbereich C3 GW/GU 576.00 Legende kein GW angetroffen (18.12.2017) Mutterboden Moränenkies Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert. 575.00 Grundmoräne Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar. Verwitterungsdecke Die Schichtenunterteilung bei den Sondierungen ist interpoliert.

BK 1/17: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



BK 1/17: 4,0 bis 6,0 m u. GOK



BK 2/17: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



BK 2/17: 4,0 bis 8,0 m u. GOK



BK 3/17: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



BK 3/17: 4,0 bis 6,0 m u. GOK



BK 4/17: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



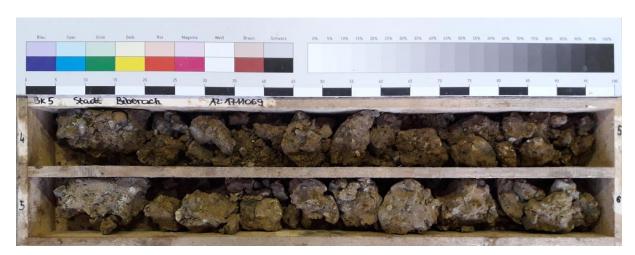
BK 4/17: 4,0 bis 6,0 m u. GOK



BK 5/17: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



BK 5/17: 4,0 bis 6,0 m u. GOK



Gesellschaft für Bohr-und Geotechnik mbH Maybachstraße 5 88410 Bad Wurzach

Bearbeiter: DVi Datum: 11.01.2018

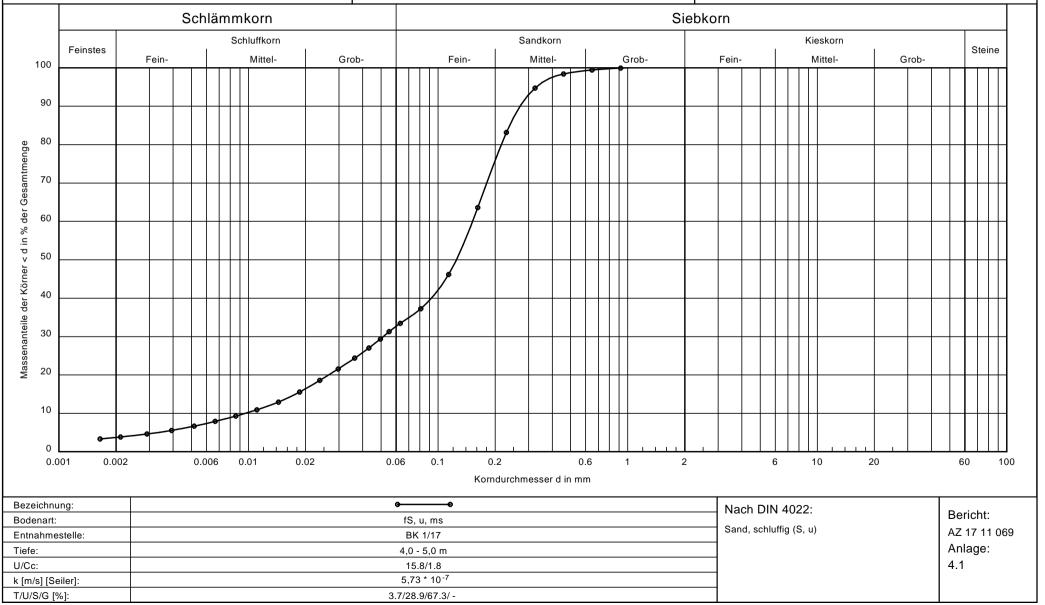
Körnungslinie

Erschließung Gewerbegebiet - Mittelbiberacher Steige in 88441 Mittelbiberach

Prüfungsnummer: 1

Probe entnommen am: 21.12.2017

Art der Entnahme: gestört



Gesellschaft für Bohr-und Geotechnik mbH Maybachstraße 5 88410 Bad Wurzach

Bearbeiter: DVi Datum: 11.01.2018

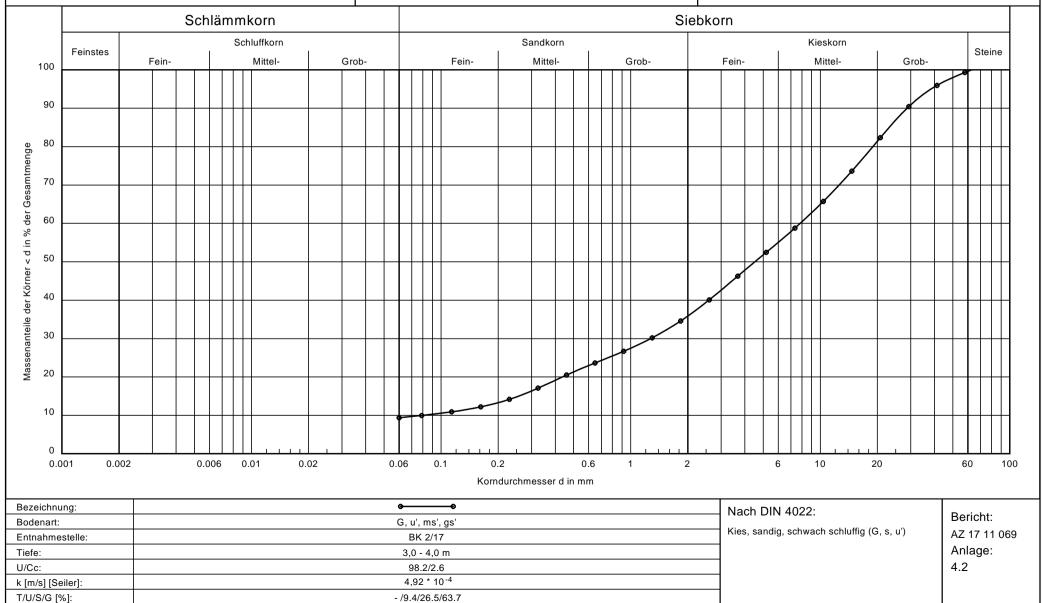
Körnungslinie

Erschließung Gewerbegebiet - Mittelbiberacher Steige in 88441 Mittelbiberach

Prüfungsnummer: 2

Probe entnommen am: 21.12.2017

Art der Entnahme: gestört Arbeitsweise: Siebung



Gesellschaft für Bohr-und Geotechnik mbH Maybachstraße 5 88410 Bad Wurzach

Bearbeiter: DVi Datum: 11.01.2018

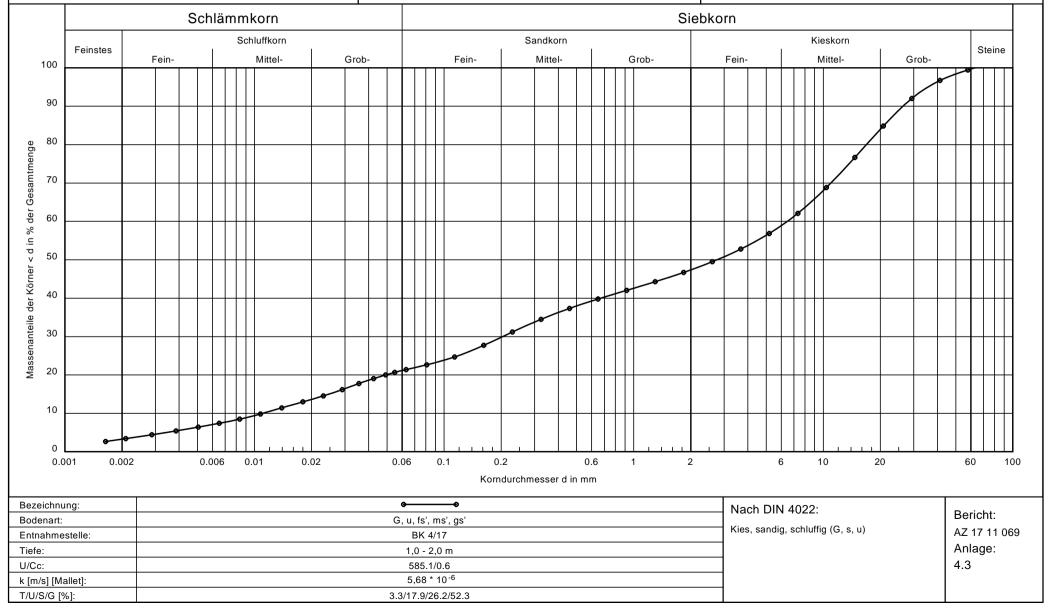
Körnungslinie

Erschließung Gewerbegebiet - Mittelbiberacher Steige in 88441 Mittelbiberach

Prüfungsnummer: 3

Probe entnommen am: 21.12.2017

Art der Entnahme: gestört



Gesellschaft für Bohr-und Geotechnik mbH Maybachstraße 5 88410 Bad Wurzach

Bearbeiter: DVi Datum: 11.01.2018

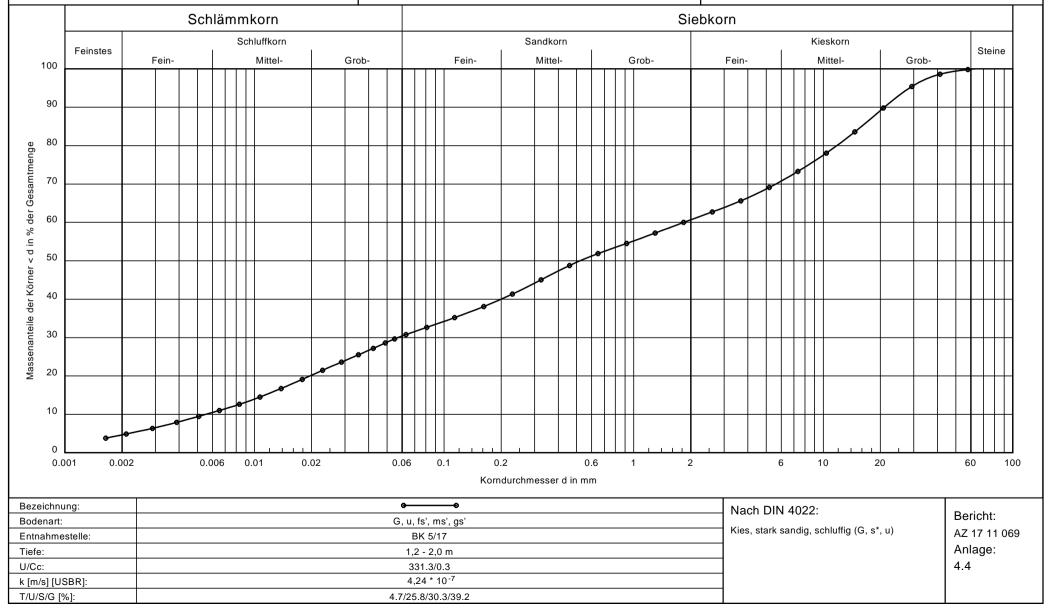
Körnungslinie

Erschließung Gewerbegebiet - Mittelbiberacher Steige in 88441 Mittelbiberach

Prüfungsnummer: 4

Probe entnommen am: 21.12.2017

Art der Entnahme: gestört



Gesellschaft für Bohr-und Geotechnik mbH Maybachstraße 5 88410 Bad Wurzach

Bearbeiter: DVi Datum: 11.01.2018

Körnungslinie

Erschließung Gewerbegebiet - Mittelbiberacher Steige in 88441 Mittelbiberach

Prüfungsnummer: 5

Probe entnommen am: 21.12.2017

Art der Entnahme: gestört

