

Geotechnischer Bericht

zur

Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“
in 88459 Tannheim

BV-Code: BV 00020685

Aktenzeichen: AZ 18 06 046

Bauvorhaben: Erschließung Baugebiet „Berkheimer Weg“
 in 88459 Tannheim
 - Baugrunderkundung -

Auftraggeber: Gemeinde Tannheim
 Rathausplatz 1
 88459 Tannheim

Fachplaner: Fassnacht Ingenieure GmbH
 Ziegeleistraße 3
 88410 Bad Wurzach - Arnach

Bearbeitung: M.Sc. Ing.-Geol. Alexander Zemel

Datum: 07.06.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	4
2	Geomorphologie des Untersuchungsgebietes	5
2.1	Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals	5
2.2	Allgemeine Baugrundbeschreibung	6
3	Geotechnisches Baugrundmodell	7
3.1	Bautechnische Beschreibung der Schichten	7
3.2	Bodenkundliche Aufnahme.....	9
3.3	Bodenmechanische Labor- und Feldversuche	11
3.3.1	Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12	11
3.3.2	Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	11
3.3.3	Sickerversuch	12
3.4	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	13
4	Georisiken	16
4.1	Seismische Aktivität	16
5	Hydrogeologie	16
5.1	Grundwasserverhältnisse	16
5.2	Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA A-138 (April 2005)	16
6	Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen	17
6.1	Baumaßnahme.....	17
6.2	Baugrundkriterien	18
6.3	Gründungsempfehlung.....	18
6.3.1	Bauwerk ohne Unterkellerung	18
6.3.2	Bauwerk mit Unterkellerung	22
6.3.3	Baugrube	23
6.3.4	Trockenhaltung von Bauwerken	25
6.4	Kanalbau	25
6.5	Straßenbau	27
6.6	Allgemeine Angaben zum Bodenmanagement.....	28
7	Hinweise und Empfehlungen	30

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, ohne Maßstab
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, unmaßstäblich
- 2.1-3 Geotechnische Baugrundschnitte, M.d.H. 1 : 50, M.d.L. unmaßstäblich
- 3.1-4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen
- 4.1-2 Felduntersuchungen (Sickerversuche)

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1.1] „Bebauungsplan Berkheimer Weg“ Städtebaulicher Entwurf, M 1 : 1.000, Stand: 24.04.2018, Planwerkstatt a.B. Rainer Waßmann Stadtplanung, Kressbronn
- [1.2] Erschließung BG Berkheimer Weg, ProjektNr.: 6172004.01, Plan-Nr. 4, M 1 : 500, Fassnacht Ingenieure GmbH, Bad Wurzach – Arnach, Stand: 04.10.2018
- [2] Bayerisches Geologisches Landesamt, Geologische Übersichtskarte des Iller-Mindel-Gebietes mit Gewinnungsstellen für Lockergesteine, M 1:100.000, München, 1975
- [3.1] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [3.2] DIN EN 1997-1/NA Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [3.3] DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes
- [3.4] DIN EN 1997-2/NA, Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter
- [4] DIN 1054:2012-12; Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [5] Prinz, Helmut; Strauß, Roland: Abriss der Ingenieurgeologie. 4. Auflage, 674 Seiten, 403 Abb., Elsevier GmbH, München 2006
- [6] Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben „EAB“, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 206, 304 Seiten
- [7] 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
- [8] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastruktur Management, Ausgabe 2012
- [9] AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover
- [10] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Digitale Bodenübersichtskarte, Baden-Württemberg M 1 : 50.000

1 Vorgang

Es wird durch die Gemeinde Tannheim beabsichtigt die Flurstücke Nr. 1176, 1177, 1178, 1179, 1247 und 1248 als Neubaugebiet „Berkheimer Weg“ zu erschließen [1]. Planerisch wird die Maßnahme durch das Büro Fassnacht Ingenieure, Bad Wurzach-Arnach begleitet.

Im Zusammenhang mit der Erschließung des Neubaugebietes wurde die Firma BauGrund Süd GmbH durch die Gemeinde Tannheim beauftragt, die geologische und hydrogeologische Beschaffenheit des Untergrundes zu erkunden und die Ergebnisse, gemäß Eurocode 7, in einem geotechnischen Bericht nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1997-2 zusammenfassend darzustellen und gründungstechnisch zu bewerten.

Der vorliegende Untersuchungsbericht gibt einen Überblick über die allgemeine Bebaubarkeit des Baugebietes wieder. Zur Erhöhung der Planungs- und Ausführungssicherheit wird jedoch empfohlen, im Zuge der Bebauung der einzelnen Baugrundstücke ergänzende objekt- und standortbezogene Baugrunderkundungen nachzuziehen.

Als Erkundungsmaßnahme wurden am 23.04.2019 zwei Baggerschürfe SG1-2/19 bis in Tiefen von max. 2,8 m u. GOK durchgeführt (max. mögliche Tiefe durch Geräteauslastung).

Zur Beurteilung bzw. Erfassung der geologischen Schichtenabfolge im geplanten Baugebiet kamen am 26.04.2019 zusätzlich insgesamt fünf Rammkernsondierungen RKS 1-5/19 bis in eine maximale Tiefe von 3,00 m zur Ausführung.

Zur Ermittlung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit des Untergrundes sowie zur weiteren Abgrenzung der geologischen Schichtenfolge wurden drei Rammsondierungen DPH 1-3/19 mit der schweren Rammsonde (dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 am 29.04.2019 abgeteuft. Die Sondierungen endeten in Tiefen von max. 5,3 m u. GOK.

Die erkundeten Bodenschichten wurden nach DIN EN ISO 14688-1, DIN 18196:2011-05, DIN 18300:2016-09 und DIN 18301:2016-09 ingenieurgeologisch und bodenkundlich aufgenommen, wobei eine Zusammenfassung stratigraphisch gleicher Schichten stattfand. Daher können diese von der genormten Farbgebung für Lockergesteine teilweise abweichen.

In der Anlage 1.1 ist die Lage des Untersuchungsgebietes dargestellt. Die Ansatzpunkte der einzelnen Aufschlüsse kann dem Lageplan der Anlage 1.2 entnommen werden.

Die Lage der Untersuchungspunkte wurde durch einen Mitarbeiter von BauGrund Süd mittels GPS nach Lage und Höhe eingemessen. Die entsprechenden Rechts- und Hochwerte (Gauß-Krüger-Koordinaten) der Aufschlusspunkte, sowie die jeweiligen Ansatzhöhen (DHHN'2016) sind auf dem Lageplan (Anlage 1.2) verzeichnet.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Anschließend erfolgte aus den Bodenprofilen der Rammkernsondierungen, den Aufschlussprofilen, der Baggerschürfe und den Rammsondierdiagrammen die Ausarbeitung eines geologischen Baugrundmodells, welches in den geotechnischen Baugrundschnitten der Anlagen 2.1-3 wiedergegeben ist.

Aus den Aufschlüssen wurden gestörte Proben entnommen und im Erdbaulabor der Firma BauGrund Süd bodenmechanisch untersucht. Die Ergebnisse der Laborversuche sind im Detail in der Anlage 3.1-4 dokumentiert.

Um die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes im Untersuchungsgebiet zu beurteilen, wurde im Baggerschurf SG 1/19 und SG 2/19 jeweils ein Sickerversuch (Absinkversuch) ausgeführt. Die Ergebnisse der Feldversuche sind im Detail den Anlagen 4.1-2 zu entnehmen.

2 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes

2.1 Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals

Das Untersuchungsgebiet befindet sich etwa 7,5 km westlich des Stadtzentrums der Stadt Memmingen und ca. 17 km nordöstlich von Bad Wurzach.

Das geplante Baugebiet „Berkheimer Weg“ (mit einer Fläche von ca. 15.000 m²), liegt in nördlicher Randlage des Ortskerns von Tannheim und wird derzeit überwiegend von einer landwirtschaftlich als Wiese und Ackerfläche genutzten Fläche eingenommen.

Im Norden und Westen wird das Gebiet von weiteren landwirtschaftlichen Wiesen und Ackerbauflächen abgegrenzt. Im Osten grenzt die Memminger Straße L300 das Baugebiet ab. Im Westen verläuft die Ulmer Straße L260 als Grenze des Baugebietes.

Morphologisch gesehen liegt das geplante Neubaugebiet im Bereich einer annähernd ebenen Fläche. Der maximale Höhenunterschied zwischen den Ansatzpunkten beträgt rd. 1,4 m (von ca. 583,88 m NHN bis 582,49 m NHN).

Aus geologischer Sicht wird der tiefere Untergrund im geplanten Neubaugebiet von fluvialen Terrassenschottern (Sanden und Kiesen) geprägt [2]. Nach dem endgültigen Eisrückzug waren die Schotter einer intensiven Verwitterung ausgesetzt und es bildete sich eine unterschiedlich stark ausgeprägte Verwitterungsdecke als Produkt der fluvialen Sedimente aus. Die fluvialen Kies- und Sandablagerungen überlagern dabei die bindigen, tertiären Molassesedimente (welche durch die Erkundung nicht aufgeschlossen wurden).

Ein Ober- bzw. Mutterboden, welcher durch die landwirtschaftliche Nutzung überwiegend als Ackerkrume ausgebildet ist, schließt die natürliche Schichtenfolge zur Geländeoberfläche hin ab.

Im Straßenbereich wurde die Schichtenabfolge durch den Menschen in dem Sinne verändert, sodass der Mutterboden und die Verwitterungsdecke abgetragen und durch Auffüllungen im Sinne einer Asphaltdecke und einer Tragschicht ersetzt wurden.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

2.2 Allgemeine Baugrundbeschreibung

Mit den abgeteuften Aufschlüssen kann für das projektierte Areal folgende generalisierte Schichtenabfolge zugrunde gelegt werden:

Auffüllung (Straßenaufbau)	(Rezent)
Mutterboden (Ackerkrume)	(Rezent)
Verwitterungsdecke	(Pleistozän-Holozän)
Terrassenkiese	(Pleistozän-Würmeiszeit)

Im Einzelnen wurden die erkundeten Schichten mit den abgeteuften Aufschlüssen in folgenden Schichttiefen festgestellt:

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

Aufschluss	Auffüllung	Mutterboden (Ackerkrume)	Verwitterungsdecke	Terrassenkiese
RKS 1/19	-	0,00 - 0,70	0,70 - 1,55	1,55 - 2,00*
RKS 2/19	-	0,00 - 0,80	0,80 - 1,45	1,45 - 1,90*
RKS 3/19	-	0,00 - 0,10	0,10 - 0,80	0,80 - 2,00*
RKS 4/19	0,00 - 0,70	-	-	0,70 - 3,00*
RKS 5/19	-	0,00 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,50*

* Endtiefe Rammkernsondierungen

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

Aufschluss	Mutterboden (Ackerkrume)	Verwitterungsdecke	Terrassenkiese
SG 1/19	0,00 - 0,10	0,10 - 0,70	0,70 - 2,80*
SG 2/19	0,00 - 0,20	0,20 - 1,00	1,00 - 2,80*

* Endtiefe Schürfgrube

Tabelle 3: Schichtglieder und Schichttiefen Rammsondierungen (bis m unter Gelände)

Aufschluss**	Mutterboden (Ackerkrume)	Verwitterungsdecke	Terrassenkiese
DPH 1/19	0,00 - 0,40	0,40 - 0,70	0,70 - 4,10*
DPH 2/19	0,00 - 0,20	0,20 - 1,00	1,00 - 3,40*
DPH 3/19	0,00 - 0,10	0,10 - 0,60	0,60 - 5,30*

* Endtiefe Rammsondierung

** Da es sich bei Rammsondierungen um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die Schichtgrenzen als Interpolation/Interpretation 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 das Bauvorhaben zugrunde gelegte Baugrundmodell ist dabei zusammenfassend in den Anlagen 2.1-3 dargestellt.

Auffüllung (Straßenaufbau)

Im Bereich der Rammkernsondierung RKS 4/19 wurden unterhalb der ca. 10 cm mächtigen Asphaltdecke eine Auffüllung im Sinne eine Fahrbahnunterbaus angetroffen (bis ca. 0,7 m u. GOK).

Es handelt sich bei den Auffüllungen um sandige, schluffige bis schwach schluffige Kiese mit einer braungrauen Färbung.

Die Kiese wurden vermutlich zur Wegbefestigung bzw. Bodenaustausch eingebracht. Da diese Böden nur sehr lokal (unterhalb der bestehenden Straße) auftreten, sind sie für eine weitere Gründungsbetrachtung als nicht relevant anzusehen.

Mutterboden (Ackerkrume)

Gemäß den Aufschlussergebnissen wird das Untersuchungsareal flächig von einer rd. 0,10 m bis 0,80 m mächtigen Mutterbodenauflage (Ackerkrume) bedeckt, wobei die Schichtmächtigkeit stark schwankt.

Ursächlich hierfür ist die teils intensive landwirtschaftliche Nutzung der Fläche, durch die der natürlich gewachsene Oberboden langfristig mit dem darunter liegenden Bodenhorizonten vermengt wurde („Umpflügen/Umlagerung“).

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Der teils oberflächennah durchwurzelt und humose Boden setzt sich ingenieurgeologisch gesehen aus einem braun gefärbten, schwach kiesigen Sand-Schluff-Gemisch, bzw. sandigen bis feinsandigen, schwach tonigen, teils schwach kiesigen Schluff mit organischen Nebenbestandteilen (durchwurzelt) zusammen. Die Konsistenz des Mutterbodens ist als weich zu beschreiben.

Der Mutterboden ist nicht tragfähig. Er ist abzuschleifen und lediglich für statisch nicht relevante Geländeangleichungen in einer gleichartigen Funktion als Mutterboden wieder zu verwenden.

Verwitterungsdecke

Unterhalb des Mutterbodens folgt ein Verwitterungshorizont, welcher sich als eine durch Verwitterungsprozesse entstandene Schicht der Terrassenablagerungen darstellt (**Verwitterungslehme und -kiese**).

Die Basis der Verwitterungsdecke variiert im Untersuchungsgebiet zwischen 0,6 m und 1,55 m u. GOK. Die mittlere Schichtmächtigkeit beträgt dabei ca. 1,1 m.

Der ingenieurgeologischen Ansprache nach handelt es sich bei den **Verwitterungslehmen** um einen braunen bis rotbraunen, kiesigen, stark schluffigen Sand, bzw. einen sandigen bis stark sandigen, schwach kiesigen bis stark kiesigen Schluff mit vereinzelt organischen Beimengungen.

Die braunen bis rotbraunen **Verwitterungskiese** sind ingenieurgeologisch als schwach sandige bis sandige, schluffige bis stark schluffige Fein- bis Grobkiese zu bezeichnen.

Die teils lehmhaltige Verwitterungsfazies besitzt nach der manuellen Prüfung des Bohrgutes eine weiche, bzw. weiche bis steife Konsistenz. Die mit den schweren Rammsondierungen registrierten Schlagzahlen von $N_{10} = 3$ bis 5 (N_{10} = Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringtiefe des Sondiergestänges in den Untergrund) belegen die überwiegend weiche Konsistenz der lehmigen Matrix.

Die Verwitterungskiese weisen entsprechend der mit den schweren Rammsondierungen ermittelten Schlagzahlen ($N_{10} = 3$ bis 8) eine sehr lockere bis lockere Lagerungsdichte auf.

Gründungstechnisch betrachtet, stellt die Verwitterungsdecke je nach Anteil der bindigen Bestandteile einen insgesamt nur gering bis mäßig tragfähigen Baugrund dar, der je nach Belastungsintensität mit mehr oder weniger starken Setzungen reagieren wird.

Zudem hat der feinkornreiche Boden die Eigenschaft, im Kontakt mit Wasser rasch aufzuweichen. Aufgrund ihres teilweise hohen Feinkornanteils sind die Böden der Verwitterungsdecke als sehr wasser- und frostempfindlich zu bewerten.

Die Verwitterungsdecke ist daher nicht im Bereich setzungsempfindlicher, technischer Bauwerke wieder zu verwenden, sie kann allerdings zur Geländemodellierung (bspw. im Bereich der Lärmschutzwälle) herangezogen werden.

Terrassenkiese

Fluviale Ablagerungen wurden am Standort überwiegend in Form von Terrassenablagerungen (Kiese) festgestellt.

Die Terrassenablagerungen setzen sich entsprechend der manuellen Ansprache überwiegend aus einem grauen, schluffigen bis schwach schluffigen, sandigen, schwach steinigen Fein- bis Grobkies zusammen. Der Rundungsgrad der Kieskomponenten kann als gut bis sehr gut gerundet beurteilt werden.

Die Lagerungsdichte der Kiese kann entsprechend der Rammsondiererergebnisse, bzw. der dabei erreichten Schlagzahlen von $N_{10} \geq 15$ bis 24 als mitteldicht bis dicht, teilweise bereits als sehr dicht ($N_{10} > 25$) angegeben werden.

Die Terrassenkiese sind durch den meist nur geringen Feinkornanteil frost- und wasserunempfindlich und können daher zum Wiedereinbau (bspw. in die nötigen Lärmschutzwälle) bzw. zur Hinter Füllung verwendet werden. Im Falle der Wiederverwertung ist der Feinkornanteil der Aushubmasse ggf. erneut zu überprüfen.

Die Terrassenkiese weisen insgesamt gute bis sehr gute Tragfähigkeitseigenschaften auf und stellen bei einer günstigen Lagerungsdichte (mind. mitteldicht) ein relativ setzungsarmes Gründungssubstrat dar, welches für die Abtragung von Lasten herangezogen werden kann.

3.2 Bodenkundliche Aufnahme

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Bodengroßlandschaft der „Deckenschotterplatten im Alpenvorland“. Gemäß der Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg [10] sind die im Bereich des Planungsgebietes anstehenden Bodenformen allgemein zu Bodengesellschaft „**Parabraunerde aus Würm schottern**“ zusammengefasst.

Die während der Aufschlussarbeiten erkundeten Horizontmächtigkeiten lassen sich wie in nachstehender Tabelle 4 zusammengestellt erfassen.

Tabelle 4: Bodenkundliche Horizontgliederung und Mächtigkeiten (bis m unter Gelände)

Aufschluss	A - Horizont	B - Horizont	C - Horizont (Ausgangssubstrat)
RKS 1/19	0,00 - 0,70	0,70 - 1,20	1,20 - 2,00
RKS 2/19	0,00 - 0,80	0,80 - 1,45	1,45 - 1,90
RKS 3/19	0,00 - 0,10	0,10 - 0,80	0,80 - 2,00
RKS 4/19	-	-	0,70 - 3,00
RKS 5/19	0,00 - 0,50	0,50 - 0,75	0,50 - 1,50
SG 1/19	0,00 - 0,10	0,10 - 0,70	0,70 - 2,80
SG 2/19	0,00 - 0,20	0,20 - 1,00	1,00 - 2,80

Wie aus obiger Zusammenstellung hervorgeht beginnt die bodenkundliche Horizontabfolge innerhalb des überwiegend als Acker- und Wiesenfläche genutzten Untersuchungsgebietes mit einem humosen A-Horizont, deren Basis zwischen 0,15 - 0,80 m u. GOK liegt.

In ungestörten Lagerungsbedingungen ist der Mutterboden (A-Horizont) als kiesiges Sand-Schluff-Gemisch mit organischen Nebenbestandteilen mit einer Schichtmächtigkeit von überwiegend 0,1 bis 0,3 m anzutreffen.

Im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung eines Großteils der Fläche wurde der Mutterboden mit dem darunter anstehenden Verwitterungshorizont vermengt (Ackerkrume), sodass hier die Schichtgrenze zwischen A- und B-Horizont nicht immer klar erkennbar ist, bzw. der A-Horizont sich tiefer (bis 0,8 m u. GOK) als bei natürlich gewachsenen Böden erstreckt.

Der schwach tonige, sandige bis stark sandige, schwach bis stark kiesige Schluff, bzw. der schwach sandige bis sandige, schluffige bis stark schluffige, teils noch humose, organisch angereicherte Fein- bis Grobkies reicht als B-Horizont bis in eine maximale Tiefe von 1,45 m u. GOK. Es handelt sich um eine mittel tief bis mäßig tiefe reichende Gründigkeit.

Gemäß dem KA5 – Diagramm [9] sind die anstehenden Böden den Bodenartenuntergruppen LS2, in den tieferen Lagen auch Ls3-4, Lts (Lt2-3), S, Su2, Sl2 zu zuordnen.

Das Grundgefüge kann sowohl beim A-Horizont als auch beim B-Horizont als krümeliges Einzelkorngefüge, stellenweise auch als Köherentgefüge beschrieben werden. Die biologische Aktivität der anstehenden Böden ist als gering anzugeben.

Der angegebene Humusgehalt des Oberbodens beträgt lt. der Bodenübersichtskarte [10] ca. 2 - 3,5%, der org. Kohlenstoffgehalt des Oberbodens liegt üblicherweise bei 1,2 - 2,0%.

Gemäß Tabelle 15 der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ [9] ist der Boden damit als sehr schwach bis schwach humos (h1-h2) zu bezeichnen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Als geologisches Ausgangsmaterial (C-Horizont) stehen im Untersuchungsareal Karbonat haltige, schwach schluffige, sandige Kiesböden an.

3.3 Bodenmechanische Labor- und Feldversuche

Für die bodenmechanischen Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial der Bohrungen gestörte Bodenproben entnommen und im Hinblick auf ihren Wassergehalt, die Kornverteilung und die Konsistenzgrenzen untersucht. Die einzelnen Ergebnisse, die im Detail in der Anlage 3.1-4 dokumentiert sind, werden in den folgenden Ausführungen beschrieben.

3.3.1 Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Nach Atterberg wird der Übergang von der flüssigen zur bindsamen (knetbaren) Zustandsform als Fließgrenze, von der knetbaren zur halbfesten Zustandsform als Ausrollgrenze und von der halbfesten zur festen Zustandsform als Schrumpfgrenze bezeichnet.

Die Fließ- und Ausrollgrenzen dienen in Verbindung mit dem natürlichen Wassergehalt dazu, die Konsistenzzahl (I_c) und damit die Zustandsform eines bindigen Erdstoffes (Korngröße $\leq 0,063$ mm) zu bestimmen. Die Plastizitätszahl gibt an, wie sich die Eigenschaften eines Erdstoffes bei der Aufnahme von Wasser verändern.

Die Bestimmung der Zustandsgrenzen ist im Detail den Anlagen 3.1 zu entnehmen. Das Versuchsergebnis ist zusammengefasst in Tabelle 5 wiedergegeben.

Tabelle 5: Übersicht der ermittelten Konsistenzgrenze (s. Anlage 3.1)

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK)	Konsistenz- zahl (I_c)	Wassergehalt [%]	Zustandsform	Boden- gruppe	Geologische Einheit
RKS 1/19	1,0	0,68	25,7	weich	TM	Verwitterungsdecke

Wie die Tabelle 5 aufzeigt, wurde für die Bodenprobe der Verwitterungsdecke eine Konsistenzzahl von $I_c = 0,68$ und somit eine weiche Konsistenz der bindigen Bestandteile der Verwitterungsdecke ermittelt.

Nach dem Plastizitätsdiagramm von Casagrande bzw. nach DIN 18196 ist die Verwitterungsdecke der Bodengruppe TM (mittelplastische Tone) zuzuordnen.

3.3.2 Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4

Eine Korngrößenverteilung liefert eine orientierende Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Durchlässigkeit, Frostempfindlichkeit, Scherfestigkeit sowie der Eignung als Filtermaterial. Die aus den Kornverteilungskurven ermittelte Zusammensetzung des Materials ist im Detail in der Tabelle 6, als auch in den Anlagen 3.2-4 aufgeführt.

Um für eine Probe eine ausreichende Menge Probenmaterial zu gewährleisten, wurde aus den Rammkernsondierungen RKS 1/19 und RKS 2/19 aus einer zueinander bodenmechanisch vergleichbaren Schicht eine gemeinsame Mischprobe erstellt.

Tabelle 6: Übersicht der durchgeführten granulometrischen Analysen (s. Anlage 3.2-4)

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK.)	Kies-anteil [%]	Sand-anteil [%]	Schluff / Ton-anteil [%]	Bodenart	Schicht-bezeichnung	Durchlässigkeits-beiwert k_f [m/s]
RKS 1/19 RKS 2/19	2,0 1,7	75,9	12,7	11,3 / -	Kies, schwach sandig, schwach schluffig	Terrassenkiese	$1,7 \times 10^{-3}$ ¹⁾ [$3,4 \times 10^{-4}$] ^{***}
SG 1/19	0,4 - 0,7	79,7	11,5	8,8 / -	Kies, schwach sandig, schwach schluffig	Terrassenkiese	$6,9 \times 10^{-3}$ ¹⁾ [$1,4 \times 10^{-3}$] ^{***}
SG 1/19	1,0 - 2,0	71,2	16,5	3,2 / -	Kies, sandig, schwach steinig	Terrassenkiese	$1,3 \times 10^{-3}$ ²⁾ [$2,6 \times 10^{-4}$] ^{***}

¹⁾ Durchlässigkeitsbeiwert nach MALLET

²⁾ Durchlässigkeitsbeiwert nach SEILER

*** korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert nach DWA A-138 (2008), Tab. B1 - Korrekturfaktor: x 0,2

Aus den Ergebnissen der Korngrößenverteilungen zeigt sich, dass sich die Terrassenkiese aus einem teils schwach steinigen, schwach schluffigen, sandigen bis schwach sandigen Fein- bis Grobkies zusammensetzen.

Dabei konnte nach MALLET und SEILER aus den Kornsummenkurven ein Durchlässigkeitsbeiwert zwischen $k = 1,3 \times 10^{-3}$ m/s und $6,9 \times 10^{-3}$ m/s ermittelt werden.

Nach der Korrektur gemäß des Merkblattes des DWA-A 138 ergibt sich für die Terrassenkiese ein mittlerer, korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 6,6 \times 10^{-4}$ m/s. Die Terrassenkiese sind daher nach DIN 18130 als ein stark durchlässiger Boden zu bezeichnen.

3.3.3 Sickerversuch

Zur Bestimmung der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Bodenschichten wurde im Schürfgraben SG 1/19 und SG 2/19 jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt. Die Lage der Versuchsstellen ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt. Die Ergebnisprotokolle der Feldversuche liegen in den Anlagen 4.1-2 vor.

Tabelle 7: Ergebnisse der Versickerungsversuche in den Schürfgruben

Aufschluss	Versuchstiefe [m u. GOK]	Durchlässigkeit k_f -Wert [m/s]	Korrekturfaktor*	korrigierte Durchlässigkeit k_f [m/s]	Schicht-bezeichnung (Zusammensetzung)
SG 1/19	3,1	$3,2 \times 10^{-3}$	2	$6,3 \times 10^{-3}$	Terrassenkiese (fG - gG, s, u', x')
SG 2/19	1,8	$6,1 \times 10^{-3}$	2	$1,2 \times 10^{-2}$	Terrassenkiese (fG - gG, s - s', u')

*Korrekturfaktor nach DWA-A138 (2008)

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Wie aus Tabelle 7 zu entnehmen ist, liegt die mittels Sickerversuch in der Schürfgrube ermittelte und mit einem Korrekturfaktor von 2 korrigierte Durchlässigkeit der Terrassenablagerungen bei einem mittleren Wert von $k_f = 9,3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$. Nach DIN 18130 sind die Böden daher als stark durchlässig einzustufen.

Das Ergebnis der Versickerungsversuche zeigt eine erhöhte Durchlässigkeit gegenüber den aus den Korngrößenverteilungen abgeleiteten Durchlässigkeiten.

I.d.R. ist den in-situ Versuchen (Feldversuche) eine höhere Genauigkeit als Laborversuchen zuzuschreiben, da hier auch die Lagerungsdichte und das vollständige Korngrößenspektrum (auch Grobkies/Steine) des Bodens in den Versuch mit einfließt.

Die aus den Korngrößenverteilungen festgestellten Durchlässigkeiten sind in diesem Zusammenhang als plausibel gegenüber den Sickerversuchen im Baggerschurf zu werten.

3.4 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht sind für die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden, in Tabelle 8 dargestellten Bodenkennwerte zugrunde zu legen:

Tabelle 8: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reib.-winkel dränirt φ_k [°]	Kohäsion dränirt c_k [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Mutterboden	16 - 18	6 - 8	17,5 - 22,5	1 - 2	0,5 - 1
Verwitterungsdecke	18 - 19	8 - 9	25 - 30	1 - 3	3 - 6
Terrassenkiese (mitteldicht - dicht)	18 - 22	8 - 12	32,5 - 37,5	0 - 2*	50 - 70

*scheinbare Kohäsion, nicht für Grundbruch- und Setzungsberechnungen ansetzbar

Entsprechend der Neufassung der DIN 18300 von 2016-09 sind Boden und Fels in der Vergabeordnung (VOB-C) 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.

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

Tabelle 9: Einteilung der Baugrundsichtung in Homogenbereiche

Homogenbereich	Baugrundsichtung
A	Auffüllungen (A _G)
B	Verwitterungsdecke (VD)
C	Terrassenkiese (TEG)

Gemäß DIN 18300:2016-09 (Erdarbeiten) und DIN 18301:2016-09 (Bohrarbeiten) 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. Ggf. ist diese nach Vorliegen konkreter Planunterlagen bauwerksbezogen anzupassen.

Der Ober- bzw. Mutterboden wird in den Homogenbereichen nicht erfasst, da dieser in der Regel bautechnisch nicht geeignet und vor der Bauausführung daher abzutragen ist. Eine Bewertung hierfür erfolgt nach der DIN 18320:2016-09 (Landschaftsbauarbeiten).

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Tabelle 10: Kennwerte/Eigenschaften der Homogenbereiche nach DIN 18300:2016-09, DIN 18301:2016-09, für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 (GK 2)

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereich		
	A	B	C
Korngrößenverteilung, T/U/S/G [%] (untere/obere Summenkurve)	5/10/35/50 bis 0/5/15/80	7/23/40/30 bis 30/50/15/5	5/15/40/40 bis 0/7/15/78
Massenanteil Steine [%]	0 - 3	0 - 3	0 - 5
Massenanteil Blöcke [%]	-	0 - 1	0 - 3
Massenanteil große Blöcke [%]	-	-	0 - 1
Dichte [g/cm ³]	1,8 - 2,0	1,7 - 1,9	1,8 - 2,1
Undrainede Scherfestigkeit [kN/m ²]	-	10 - 50	-
Wassergehalt [%]	2 - 5	3 - 15	2 - 6
Konsistenzzahl I _c [-]	-	bindige Anteile: 0,5 - 0,75	-
Konsistenz	-	bindige Anteile: weich	-
Plastizitätszahl I _p [%]	-	2 - 25	-
Lagerungsdichte	mitteldicht, lokal dicht	-	mitteldicht - dicht
Organischer Anteil [%]	n.b.	n.b.	n.b.
Bodengruppe	[GU/GW]	UL/UM, TL/TM, GU/GU*	GW / GU
Frostempfindlichkeit [ZTVE E-Stb 09, Tab. 1]	F1, F2	F3	F1, F2
Ortsübliche Bezeichnung	A	VD	TEG

n.b = nicht bestimmt

4 Georisiken

4.1 Seismische Aktivität

Entsprechend der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland (Quelle: DIN EN 1998-1/NA:2011-01) befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 0** und ist somit als ein Gebiet, in dem gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensität 6 bis < 6,5 erreicht werden kann zu charakterisieren. Das Untersuchungsgebiet liegt in der **Untergrundklasse S** (Gebiet tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung).

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Abs. 5.2.3 Baugrundklassen kann für den anstehenden Untergrund die **Baugrundklasse C** (grobkörnige bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz) zugrunde gelegt werden.

5 Hydrogeologie

5.1 Grundwasserverhältnisse

Während der Baugrundaufschlussarbeiten vom 23.04.2019 bis zum 29.04.2019 konnten in den Rammkernsondierungen RKS 1-5/19 und den Schürftgruben SG 1-2/19 keine Grund- bzw. Schichtwasserstände gemessen werden.

In den Rammsondierungen war eine Messung des Wasserspiegels nicht möglich, da die Sondier Löcher unmittelbar nach Ziehen des Sondiergestänges zusammenfielen.

In der ca. 1,5 km südlich des Baugebietes gelegenen Grundwassermessstelle „0104/770-4“ des LUBW lag der Grundwasserstand entsprechend der seit 1956 gemessenen Daten nie höher als ca. 575 m ü. NN, was bei einer Geländehöhe der Messstelle von 586,4 m ü. NN einen Flurabstand von ca. 11 m entspricht. Die max. gemessene Schwankungsbreite liegt hierbei bei ca. 3 m, der Mittelwasserstand lag dabei dort bei ca. 573,2 m ü. NN.

Da es sich bei der Messstelle um den gleichen Grundwasserleiter (Quartäre Talfüllungen des Illertales) wie auch im Bereich des zu erschließenden Neubaugebietes handelt, ist davon auszugehen, dass sowohl bauzeitlich, als auch dauerhaft das Grundwasser nie in den Einflussbereich von eingeschossig unterkellerten Gebäuden reichen wird.

Aus nahegelegenen Baumaßnahmen und o.g. Informationen der nächsten Grundwassermessstellen kann geschlussfolgert werden, dass im Bereich des Baugebietes in den Terrassenkiesen erst ab Tiefen von ca. 10 bis 12 m u. GOK freies Grundwasser ansteht.

Als lokale Vorflut dient die ca. 1,4 km östlich des Untersuchungsgebietes gelegene Illerkanal.

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

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

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 DWA A-138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1,0 \times 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1,0 \times 10^{-6}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW), rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei der Anlegung eines Sickerbeckens ist darauf zu achten, dass die Sohle des Sickerbeckens einen ausreichenden Abstand zum Grundwasser einhält.

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.

Im Bereich des Bebauungsgebietes wurden unterhalb des anstehenden Mutterbodens und der daran anschließenden Verwitterungsböden rollige, stark durchlässige Böden der anstehenden Terrassenkiese angetroffen.

Wie die Korngrößenverteilungen (Kapitel 3.3.2) und die Sicker-Feldversuche (Kapitel 3.3.3) aufzeigen, stehen mit den Terrassenkiesen ausreichend durchlässige Schichten an, für die ein Bemessungswert von $k_f = 6,6 \times 10^{-4}$ m/s (Laborversuch) bzw. von $k_f = 9,3 \times 10^{-3}$ m/s (Feldversuch) ermittelt wurde. Den Sickerversuchen wird hierbei eine größere Genauigkeit zugesprochen.

Demnach stellen die Terrassenkiese bzgl. ihrer bodenmechanischen Eigenschaften gemäß DIN 18130 einen stark durchlässigen Untergrund dar, welcher gemäß DWA A-138 (2005) zur Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser herangezogen werden kann.

Grundsätzlich ist die Errichtung einer Sickereinrichtung mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen und von dieser zu genehmigen.

6 Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen

6.1 Baumaßnahme

Die Gemeinde Tannheim beabsichtigt mit planerischer Unterstützung des Büros Fassnacht Ingenieure GmbH die Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ mit einzelnen Bauparzellen. Auf dem Baugebiet sind derzeit überwiegend Einfamilienhäuser angedacht.

Genauere Angaben zur Gründungstiefe bzw. zu den durch die Bauwerke in den Untergrund abzutragenden Lasten sind uns derzeit nicht bekannt, sodass im Folgenden auf die

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

allgemeinen geotechnischen Aspekte im Hinblick auf die Bebaubarkeit des Erschließungsgebietes eingegangen wird.

Grundlage der Baugrundbeurteilung sind die beschriebenen geotechnischen Aufschlussresultate. Bewertet werden die Baugrundverhältnisse im Hinblick auf eine Bebauung mit Einfamilienhäusern, dem Kanal- sowie dem Straßenbau.

Bei der Wohnbebauung werden flachgegründete Bauwerke ohne und mit Unterkellerung berücksichtigt.

Aufgrund der punktuellen Aufschlüsse im Verhältnis zur großen Fläche des Bebauungsgebietes und der generell geologisch bedingten heterogenen Verhältnisse im gesamten Bereich des Baugebietes wird empfohlen, ergänzende standort- und objektspezifische Baugrunduntersuchungen an den einzelnen Bauplätzen durchzuführen.

6.2 Baugrundkriterien

Wie das zum Bauvorhaben entwickelte 3-Schichten-Baugrundmodell in den Anlagen 2.1-3 zeigt, stehen im geplanten Baugebiet unter einem humosen Mutterboden (bzw. der Ackerkrume) zunächst sandig/kiesig dominierte und teils schluffige Verwitterungsdecken an.

Die Verwitterungsdecken sind aufgrund ihrer weichen Konsistenz und ggf. lockeren Lagerung als Gründungshorizont für die geplanten Einfamilienhäuser nicht geeignet, da sie zu teils hohen Setzungen neigen.

Ausreichend tragfähiger und setzungsarmer Baugrund steht dagegen unter der Verwitterungsdecke mit den Sedimenten der ab ca. 0,7 bis 1,5 m u. GOK folgenden Terrassenkiese an.

Zusammenfassend kann daher festgehalten werden, dass nach den vorliegenden Baugrunduntersuchungsergebnissen überwiegend ab einer Tiefe von ca. 1,0 bis 1,5 m u. GOK ausreichend tragfähige Gründungsverhältnisse im geplanten Baugebiet vorliegen.

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 Wohngebäude (mit und ohne Unterkellerung) eingegangen wird.

6.3.1 Bauwerk ohne Unterkellerung

Bei einem Bauwerk ohne Unterkellerung kommt die Gründung nach Abtrag des humosen Oberbodens innerhalb der gering tragfähigen, weichen bzw. locker gelagerten Verwitterungsdecke zu liegen.

Gründung mittels Einzel- und Streifenfundamenten

Bei einer Ausführung der Bauwerke ohne Untergeschoss wird eine konventionelle **Flachgründung auf Einzel- und Streifenfundamenten** empfohlen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Nach Abtrag des Mutterbodens sind die ca. 0,6 bis 0,9 m mächtigen Deckschichten (Verwitterungsdecke) vollständig mittels **Magerbetonvertiefungen** zu durchstoßen, so dass die Gebäudelasten einheitlich in den Terrassenkiesen mit einer mindestens mitteldichten Lagerungsdichte zu liegen kommen.

Zur Frostsicherung (**Frosteinwirkzone 2** nach RStO'12) der anstehenden witterungsempfindlichen Sedimente sind ohnehin entsprechende Frostriegel bzw. Frostschürzen mit einer Tiefe von mindestens 1,0 m u. GOK vorzusehen.

Sollten die Terrassenkiese auf Gründungssohlniveau nur locker gelagert sein, so sind diese soweit zu verdichten, dass eine mindestens mitteldichte Lagerung der Terrassenkiese im Bereich der Gründungssohle erreicht wird. Der Nachweis der fachgerechten Bodenverdichtung ist anhand von statischen Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134 zu erbringen (Anforderung: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ bzw. über dynamische Plattendruckversuche: $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$).

Zur Vorbemessung der Einzel- und Streifenfundamente in **nicht bindigen, mindestens mitteldicht gelagerten Böden (Terrassenkiese)** wird empfohlen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ gemäß Tabelle A 6.2 DIN 1054:2010-12 [4] anzusetzen, die in Tabelle 11 aufgeführt sind.

Es ist zudem darauf hinzuweisen, dass die Anwendung der Tabelle 11 (bzw. Tabelle A 6.2 [4]) 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 6.2 [4] angegebene Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes um 20 % erhöht werden.

Des Weiteren kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes um bis zu 50 % erhöht werden, wenn im Bereich der gründungsrelevanten Tiefenhorizonte eine mittlere Lagerungsdichte von $D \geq 0,65$ (dichte Lagerung) mit einer Ungleichförmigkeitszahl >3 erreicht wurde (vgl. Tabelle A 6.4 der DIN 1054:2010-12 [4]).

Zu beachten ist, dass zum Nachweis der Grenzzustände Grundbruch und Gleiten sowie der Gebrauchstauglichkeit (Nachweis der Setzungen) die u.g. Erfahrungswerte für den Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ nur dann angesetzt werden dürfen, sofern die Schichtgrenzen annähernd waagrecht verlaufen.

Tabelle 11: Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohldruckwiderstandes für Streifenfundamente auf nicht bindigem Boden (GU, GW nach DIN 18196) aus [4]. Die auf Grundlage der Tabelle A6.2 bemessenen Fundamente können sich um ein Maß setzen, das bei Fundamentbreiten bis 1,5 m etwa 1 cm, bei breiteren Fundamenten etwa 2 cm nicht übersteigt.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'					
	[m]	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m
0,50	280	420	460	390	350	310
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390
Bei Bauwerken mit Einbindetiefen $0,30 \text{ m} \leq d \leq 0,50 \text{ m}$ und mit Fundamentbreiten b bzw. b' $\geq 0,30 \text{ m}$	210					
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 wird empfohlen, 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 Abstandsebene der Gründungselemente vom Verfasser dieses Berichtes abnehmen zu lassen.

Nach Vorlage der aktuellen Bauwerkslasten sind bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen die gegenseitigen Beeinflussungen der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

Werden gewisse Setzungen toleriert, kann die Bodenplatte frei **schwimmend** zwischen den Fundamenten auf einer 0,60 m starken, vliesunterlegten Ausgleichsschicht aus einem hochverdichtbaren Kies-Sand-Gemisch (z.B. FSK 0/45) abgesetzt werden. Diese ist lagenweise auf mind. 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der fachgerechte Einbau der Ausgleichsschicht ist anhand von statischen Lastplattendruckversuchen (Anforderung: $E_{V2} > 80 \text{ MN/m}^2$; $E_{V2}/E_{V1} < 2,3$) zu überprüfen.

Für eine **setzungsarme Gründung** ist die Bodenplatte alternativ **deckenartig** auszubilden. Unterhalb der Bodenplatte ist dabei eine kapillarbrechende, mindestens 0,15 m dicke Schicht (Rollierung) vorzusehen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Sollte die Anordnung eines dauerhaft wirksamen, rückstaufreien Drainagesystems behördlich nicht genehmigt werden, ist die Bodenplatte ohnehin deckenartig auszubilden.

Gründung mittels Flächengründung auf Bodenersatzkörper

Alternativ zu einer Gründung über Einzel- und Streifenfundamente ist auch eine Flächengründung in Form einer **elastisch gebetteten Bodenplatte** denkbar.

Je nach Mächtigkeit der anstehenden Verwitterungssedimente sind diese flächig bis auf eine Tiefe von $d_{\min} > 0,6 \text{ m}$ auszukoffern und durch einen kapillarbrechenden **Bodenersatzkörper** zu ersetzen.

Zur Frostsicherung (**Frosteinwirkzone 2**) der anstehenden witterungsempfindlichen Sedimente sind entsprechende Frostriegel/Frostschürzen mit einer Tiefe von mindestens 1,0 m u. GOK zu bemessen.

Als **Bodenersatzkörper** ist ein kornabgestufter, gut verdichtbarer Kies (z.B. FSK 0/45, bzw. GW/GI-Material) mit einem Feinkornanteil von $< 5 \%$ einzubringen. Das lastverteilende Polster ist dabei am Plattenrand so breit auszubilden, dass sich dort ein Lastausbreitungswinkel von 45° einstellen kann. Das mit einem Trennvlies (GRK 3) unterlegende Gründungspolster ist lagenweise einzubauen ($d_{\max} \leq 0,3 \text{ m}$) und auf 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Die Notwendigkeit der Stabilisierungsschicht ist im Zuge der geologischen Abnahme der Aushubsohle im Detail festzulegen.

Wir empfehlen den fachgerechten Einbau des Kieskoffers bzw. Bodenersatzkörpers anhand von statischen Plattendruckversuchen (Anforderung: $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$; $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$) bzw. dynamischen Plattendruckversuchen (Anforderung $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) zu überprüfen.

Zur Vorbemessung einer elastisch gebetteten Bodenplatte, die wie oben beschrieben gegründet wird, kann ein Bettungsmodul in der Größenordnung von

$$k_s = 5 - 10 \text{ MN/m}^3 \text{ (Verwitterungsdecke)}$$

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.

6.3.2 Bauwerk mit Unterkellerung

Bei einer Gründung mit Unterkellerung wird derzeit davon ausgegangen, dass die Unterkante der Bodenplatte der unterkellerten Gebäudeteile ca. 2,5 m bis 3,0 m unterhalb der momentanen Geländeoberkante zu liegen kommen wird.

Den Aufschlussresultaten nach liegt das Gründungsniveau in diesem Falle in Abhängigkeit von der Lage im Baugebiet und der Geländeneigung innerhalb der weitestgehend mindestens mitteldichten, bzw. bereits dichten Terrassenkiese. Es wurde in den Kiesen kein Grundwasser angetroffen.

Gründung mittels Einzel- und Streifenfundamenten

Wir empfehlen die Gründung der unterkellerten Bauwerke über **Einzel- und Streifenfundamenten** auszuführen. Die Fundamente sind dabei einheitlich in die mindestens mitteldichten Terrassenkiese abzusetzen. Eine Drainage wird aufgrund der gut durchlässigen Terrassenkiese voraussichtlich nicht nötig.

Sollten die Terrassenkiese auf Gründungssohlniveau nur locker gelagert sein, so sind diese soweit zu verdichten, dass eine mindestens mitteldichte Lagerung im Bereich der Gründungssohle erreicht wird.

Der Nachweis der fachgerechten Bodenverdichtung ist anhand von statischen Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134 zu erbringen. (Anforderung: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ bzw. über dynamische Plattendruckversuche: $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$).

Zur Vorbemessung der Einzel- und Streifenfundamente in **nicht bindigen, mindestens mitteldicht gelagerten Böden (Terrassenkiese)** wird empfohlen, die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ gemäß Tabelle A 6.2 DIN 1054:2010-12 [4] anzusetzen, die in Tabelle 11 aufgeführt sind.

Die Anmerkungen zur möglichen Erhöhung des Bemessungswertes $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes sind analog zu den Hinweisen zur Bemessung der Fundamente ohne Unterkellerung zu beachten.

Die weiteren Erläuterungen zur frei schwimmenden bzw. deckenartigen Ausbildung der Bodenplatte gelten analog wie im Kapitel 6.3.1 (Bauwerk ohne Unterkellerung) erläutert.

Gründung mittels Flächengründung

Alternativ ist es möglich die Gründung als **elastisch gebettete Bodenplatte** auszuführen, die direkt auf die mindestens mitteldicht gelagerten Terrassenkiese abgesetzt werden kann. Dabei wird die gering tragfähige Verwitterungsdecke ohnehin mit den Gründungselementen durchstoßen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Zur Vorbemessung der Bodenplatte für unterkellerte Bauwerke, die wie oben beschrieben einheitlich in den mindestens mitteldichten Terrassenkiesen zu liegen kommen, kann ein Bettungsmodul in der Größenordnung von

$$k_s = 20 - 30 \text{ MN/m}^3 \text{ (Terrassenkiese)}$$

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 Firma BauGrund Süd ausgeführt werden.

Liegen nach dem Aushub im Bereich der Gründungssohle vollflächig gut verdichtbare Kiese vor, so kann die Bodenplatte nach dem Verdichten des anstehenden Bodens direkt auf diesen abgesetzt werden.

Alternativ kann die Gründungssohle auch mittels einer ca. 0,1 m mächtigen Magerbetonschicht ausgeglichen werden.

Sollten in der Aushubsohle vereinzelt noch stark verlehnte Kiese oder Rollkieslagen anstehen (die sich nur schwer verdichten lassen), sind diese vor dem Verdichten oder der Einbringung der Ausgleichsschicht vollständig, jedoch mindestens über eine Mächtigkeit von 0,30 m gegen ein vliesunterlegtes (GRK 3) Kies-Sand-Gemisch mit einem Feinanteil < 7 Vol.-% auszutauschen.

Der Verdichtungserfolg der Baugrubensohle bzw. der fachgerechte Einbau der Ausgleichsschicht ist mittels statischen Plattendruckversuchen nachzuweisen. Dabei ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältniswert von $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$ zu fordern (dies entspricht ca. einem $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Die erforderlichen geotechnischen Kontrollprüfungen können auf Wunsch durch die Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

6.3.3 Baugrube

Böschungen

Für die Errichtung der unterkellerten Wohnhäuser wird eine rd. 3,0 m tiefe Baugrube notwendig. Für nichtunterkellerte Gebäude werden nur geringfügige Geländeeinschnitte nötig.

Baugruben können, sofern es die Platzverhältnisse erlauben, gem. DIN 4124 in bindigen Böden mit weicher Konsistenz (Mutterboden, weiche, bindige Verwitterungsdecke) sowie rolligen Böden (Terrassenkiese, Verwitterungskiese) unter maximal 45° geböscht werden. Ggf. sind abweichend zur DIN 4124 in den dicht gelagerten Terrassenkiesen auch Böschungswinkel von bis zu 60° machbar. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

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, dass die Böschung steiler als angegeben ausgeführt wird.

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

Baugrubenentwässerung

Anfallende Oberflächenwässer können durch im Randbereich der Baugrube gelegene Entwässerungsgräben geleitet, in einem Pumpensumpf gefasst und geregelt abgeführt werden (offene Wasserhaltung).

Verbau

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, Stahlplatten 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 vorseilen (Abschlagstiefe ist anhand der tatsächlichen Baugrundbeschaffenheit zu wählen).

Der Verbau ist generell statisch nachzuweisen. Für alle Verbau-Maßnahmen ist die DIN 4124 zu beachten.

Behandlung der Baugrubensohle

Freigelegte Sohlflächen sind unmittelbar nach Erreichen des Aushubsollniveaus und Abschluss der ggf. erforderlichen Nachverdichtung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse abzudecken bzw. mit einer Planums Schutzschicht zu belegen (z.B. als Sauberkeitsschicht aus Magerbeton).

Arbeitsraum- und Bauwerkshinterfüllung

Die Arbeitsraumverfüllung zum unterkellerten Bereich ist treppenartig in Schüttlagen von $\leq 0,30$ m mit einem Kiessand Gemisch (FSK 0/45, bzw. GW/GI-Material) zu verdichten.

Die im Baufeld anstehenden Terrassenkiese und -sande sind als Hinterfüllmaterial prinzipiell geeignet, sofern deren Feinkornanteil < 7% beträgt und sie unterhalb der Frosteindringgrenze eingebaut werden.

Das bei Aushubarbeiten anfallende Bodenmaterial mit erhöhtem Feinkornanteil (z.B. die Verwitterungsdecke) ist für den Wiedereinbau jedoch nicht wieder zu verwenden.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Im Frosteinflussbereich bis ca. 1,0 m u. GOK (Frosteinwirkungszone 2) ist Frostschutzkies (Frostschutzklasse F1) mit einem Feinkornanteil < 5% zu verwenden. Hierfür eignen sich beispielsweise Böden der Bodengruppe GW gem. DIN 18196, die unter lagenweiser Verdichtung (Proctordichte $\geq 100\%$) einzubauen sind ($d \leq 0,3$ m).

6.3.4 Trockenhaltung von Bauwerken

Gemäß den Ergebnissen der Baugrunderkundung wird empfohlen, die erdberührenden Bauteile der nicht unterkellerten Bauwerke nach den Richtlinien der **DIN 18533, Klasse W1.2-E** (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung) abzudichten, da von geringen Schichtwasserzutritten in der bindigen Verwitterungsdecke ausgegangen wird.

Die dafür nötigen dauerhaft funktionsfähigen, rückstaufreien Drainagen mit kapillARBrechender Wirkung sind nach den Vorgaben der DIN 4095 auszuführen.

Wird die Anordnung eines dauerhaft wirksamen Drainagekonzepts behördlich nicht genehmigt, so ist die Gründung der Gebäude auf eine elastisch gebettete Stahlbetonsohlplatte auszulegen.

Sollten die Einzel-/Streifenfundamente der Gebäude so ausgebildet werden, dass ein durchgehend ausreichender hydraulischer Anschluss (bspw. durch eine ausreichend durchlässige Hinter Füllung) an die darunter anstehenden ausreichend durchlässigen Terrassenkiese ($k_f \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s) gewährleistet werden kann, ist in diesem Fall auch eine Abdichtung der nicht unterkellerten, im Untergrund liegenden Gebäudeteile nach **DIN 18533, Klasse W1.1-E** möglich.

Aufgrund der ausreichend hohen Durchlässigkeit der anstehenden Terrassenkiese und des nach dem derzeitigen Kenntnisstand ausreichendem Abstand zum Grundwasser können die in den Terrassenkiesen einbindenden, unterkellerten Gebäude bzw. deren erdberührenden Bauteile nach **DIN 18533, Klasse W1.1-E** (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden) abgedichtet werden.

6.4 Kanalbau

Die Sohle der Kanalgräben wird im Folgenden mit einer Verlegetiefe von 2,50 m u. GOK angenommen. Somit kommen die Kanaltrassen nach den Baugrundaufschlüssen innerhalb der Terrassenkiese zu liegen.

Beim vorzunehmenden Grabenaushub sind die Ausführungen der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) bzw. Kapitel 6.3.3 einzuhalten. Sollten die Platzverhältnisse ausreichend sein, kann der Kanalbau innerhalb einer geböschten Baugrube durchgeführt werden, wobei die Böschungen in den angetroffenen bindigen, weichen Böden (Verwitterungsdecke) sowie den wasserfreien, rolligen Böden der Terrassenkiese nicht steiler als unter 1:1 (45°) ausgebildet werden dürfen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Alternativ kann die Verlegung der Kanalrohre im Schutze eines Grabenverbaus (z.B. Verbauplatten) vorgenommen werden.

Bei einer Gründung des Kanalsystems in den Terrassenkiesen wird das Einbringen einer rd. 0,1 m mächtigen Ausgleichs- oder Sauberkeitsschicht unterhalb der Rohrbettung aus hochverdichtbarem, kornabgestuftem Material (V1) empfohlen.

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

Die Ausführung des Rohrauflegers kann aus einem kornabgestuften Sand-Kiesgemisch oder Sand-Splitt-Gemisch hergestellt werden. Die Stärke (S) des Auflegers richtet sich nach dem vorgesehenen Kanalrohrdurchmesser ($S = 100 \text{ mm} + 1/10 \times \text{Nennweite des Kanalrohres}$).

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 und statische Plattendruckversuche / Rammsondierungen / Dichtebestimmung im Feld). Für die Gründung der Schachtbauwerke ist entsprechend zu verfahren.

Die feinkornreichen, bindigen Sedimente der Verwitterungsdecke 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 2 - 8 Gew.-% ausgegangen werden.

Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass der Ausgangswassergehalt durch Niederschlagseinflüsse sich merklich erhöhen kann, mit der Folge, dass entweder die Zugabemenge oder auch das Additiv entsprechend erhöht werden muss.

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

Die beim Aushub freigelegten feinkornarmen Terrassenkiese (GW, GU) können als verdichtbares Material (V2/V1) zur Wiederverfüllung der Gräben in der Hauptverfüllzone ohne Zusatzmaßnahmen verwendet werden.

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

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Aufgrund der anstehenden Schichtenabfolge ist in der Verwitterungsdecke mit sehr geringen Schichtwasserzutritten zu rechnen. Damit sollte zur Trockenhaltung des Rohrgrabens eine einfache, offene Wasserhaltung für ausreichend befunden werden.

6.5 Straßenbau

Im Folgenden wird zunächst allgemein auf die geotechnischen Belange des Straßenbaus eingegangen, da uns derzeit keine weiteren Angaben zur geplanten Gradientenlage und zum geplanten Straßenaufbau vorliegen.

Für die Herstellung des Straßenaufbaues wird die RStO 12 [8] zu Grunde gelegt. Es wird davon ausgegangen, dass die Verkehrsflächen in etwa auf der Höhe der derzeitigen Geländeoberkante angeordnet werden.

Gemäß der RStO 12 [8] wird die geplante Straße der Entwurfssituation „Wohnstraße“ und demnach der Belastungsklasse Bk 0,3 bis 1,0 zugeordnet (die tatsächliche Belastungsklasse ist durch den Planer vorzugeben).

Die oberflächlich anstehenden Böden sind überwiegend der Frostepfindlichkeitsklasse F3 einzustufen, sodass der frostsichere Oberbau ohne Zu- und Abschläge mindestens 0,60 m betragen muss (RStO 12, Tabelle 6).

Nach Bild 6 der RStO 12 [8] 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 d = 0,65 m** Dicke vorzusehen.

Nach den getroffenen Annahmen in Bezug auf das Niveau der Verkehrsoberfläche kommt das Erdplanum nach Abtrag des Mutterbodens in den bindigen Verwitterungsdecken (überwiegend Frostepfindlichkeitsklasse F3) zu liegen.

Da der geforderte Prüfwert ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) für die Aufstandsebene des frostsicheren Aufbaus (Erdplanum) in den weichen, feinkornreichen Verwitterungsböden erfahrungsgemäß nicht erreicht wird, ist eine Bodenverbesserung mittels Bodenaustausch, bzw. Bodenersatzkörper (BEK) durchzuführen.

In diesem Fall ist das Erdplanum bis in die Terrassenkiese oder max. ca. 0,4 m tiefer zu führen und der Mehraushub durch ein Kies-Sand-Gemisch mit max. 5 % Feinkornanteil (z.B. GW/GI-Material) auszutauschen.

Das Kiespaket ist mit einem Trennvlies (GRK 2) vom anstehenden Untergrund zu trennen und lagenweise zu verdichten.

Stehen im Erdplanum vor Einbau des Kieskoffers noch aufgeweichte Verwitterungsböden (Verwitterungslehme) an, kann es erforderlich werden, vor Einbau des Bodenersatzkörpers eine Grobkornlage (z.B. 60/80 oder 80/120 Körnung) zur Schaffung eines tragfähigen Auflagers statisch einzuwalken. Die Mächtigkeit der Grobkornlage kann dabei auf die Dicke des Bodenersatzkörpers angerechnet werden.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

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

Auf dem verbesserten Erdplanum (Bodenersatzkörper) kann im Anschluss der eigentliche frostsichere Straßenaufbau gemäß der RStO 12 [8] erfolgen. Die Tragschichtausbildung ist gem. ZTV T-Stb auszuführen. Die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen sind nachzuweisen und zu dokumentieren.

Alternativ zu einem Bodenaustausch kann auch eine Stabilisierung bzw. Konditionierung der weichen 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 mit einer Zugabemenge von 2 - 8 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.

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass beim Einfräsen des o.g. Additivs mit einer Staubentwicklung zu rechnen ist. Daher ist ggf. ein staubarmes Bindemittel zu wählen.

6.6 Allgemeine Angaben zum Bodenmanagement

Ziel des Bodenmanagement ist es, den Boden hinsichtlich seiner Funktionen zu schützen und zu erhalten bzw. als nutzbaren Boden zu verwerten. Dabei werden weitgehend erprobte Vorgehensweisen und Planungsprozesse in ein zusammenfassendes Managementsystem eingebunden.

Bei den Baustraßen und Baustelleneinrichtungsflächen ist der humose Oberboden (**A-Horizont**) gemäß DIN 19731 schonend und in trockenem bzw. erdfeuchtem Zustand abzutragen und abseits auf einer Oberbodenmiete auf dem bestehenden Bodenaufbau zu lagern.

Um die Befahrbarkeit mit schweren Baumaschinen zu gewährleisten, wird empfohlen, ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 auf dem Unterboden zu verlegen. Auf dem Geotextil ist ein Kiessand-Gemisch mit einer Mächtigkeit von mindestens 30 cm einzubauen. Die Baustraßen sind so klein und kurz wie möglich zu halten.

Nicht zu bebauende Flächen außerhalb der Baustraßen und Baustelleneinrichtungsbereiche sind nicht zu befahren. Falls eine Befahrung z.B. für den Aushub notwendig wird, sind die Flächen nur bei trockenem Boden und am besten nur mit Raupen oder bei Nässe mit Baggermatratzen zu befahren. Für die Verringerung der Schäden sind beim Bodenaushub möglichst Kettenbagger einzusetzen.

AZ 18 06 046 Erschließung des Baugebietes „Berkheimer Weg“ in 88459 Tannheim

Nach Beendigung der Baumaßnahme ist der im Bereich der Baustraßen und Baustelleneinrichtungsflächen abgetragene Oberboden beim schadstofffreien Zustand, nach dem Abtrag der Kiessandschicht und nach der Entfernung des Geotextils, zur Geländemodellierung bzw. Gartengestaltung wiederzuverwenden. Der Bodenabtrag ist in trockenem Zustand und bei trockener Witterung vorzunehmen, um eine Verschlämmung und damit der Zerstörung von Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen zu verhindern.

Der Oberboden sollte beim Auftrag nicht stärker als ursprünglich verdichtet werden. Um im Bereich der späteren Auftragsflächen (auch ortsfremde) eine „Verzahnung“ des Oberbodens zu ermöglichen, ist darauf zu achten, dass der Unterboden nicht verdichtet und vor dem Einbau des Oberbodens aufgeraut wird. Wiedereingebrachtes Bodenmaterial ist möglichst ohne Zwischenbefahrung nur mit der Baggerschaufel (keine Grabenwalze) leicht anzudrücken und direkt nach der Schüttung zu begrünen. Es wird daher ein abschnittsweises Einbringen des Bodens empfohlen.

Im Bereich der zu überbauenden Flächen, wo der Aushub erforderlich wird, ist der kulturfähige Unterboden (**B-Horizont**) beim Abtrag wie der Oberboden zu behandeln.

Der unbelastete Unterboden kann zur Modellierung der Geländeoberfläche unterhalb des Oberbodens eingebracht werden. Der Unterboden ist im Endzustand immer mit einer geringmächtigen Oberbodenschicht zu überdecken, um den Ausgangszustand möglichst naturnah wiederherzustellen.

Bei der Zwischenlagerung des Oberbodens und des zur Geländemodellierung vorgesehenen Unterbodens von mehr als drei Monaten ist während der Vegetationszeit eine Zwischenbegrünung (nach DIN 18917:2018-07) zum Erosionsschutz und zur Erhaltung der Bodeneigenschaften und -funktionen vorzunehmen.

Bei Bereitstellungsdauer von über 6 Monaten ist das Zwischenlager mit tiefwurzelnden, winterharten und wasserzehrenden Pflanzen (z.B. Raps, Luzerne, Waldstauden-Roggen, Lupine) zu begrünen.

Die locker geschüttete Oberbodenmiete hat dabei eine trapezförmige Profilierung aufzuweisen. Das Zwischenlager (Miete) soll nicht befahren werden und darf eine maximale Höhe von 2,0 m und einer Sohlbreite von 5,0 m nicht überschreiten.

Das Oberbodenhaufwerk wird unter ca. 45° geböscht und mit einer Baggerschaufel geglättet, um einen wirksamen Abfluss von Niederschlagswasser zu ermöglichen.

Die Aushub- sowie Lagerungsarbeiten sind nach den Vorgaben der DIN 19731:1998-05 (Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial) durchzuführen.

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. Die in den Rammsondierungen dargestellten Schichtgrenzen sind als Interpretation zu sehen.

Es ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich.

Es wird empfohlen, zur Abnahme von Gründungssohlen den Unterzeichner des Berichtes heranzuziehen. Evtl. erforderliche Kontrollprüfungen für den Nachweis der fachgerechten Herstellung der Bodenersatzkörper bzw. der Bettungsschicht sowie des frostsicheren Straßenoberbaus können durch den Unterzeichner vorgenommen werden.

Der geotechnische Bericht geht allgemein auf die geotechnischen Gegebenheiten des Erschließungsgebietes in seiner Gesamtheit ein. **Daher wird geraten eine jeweils objektspezifische und ergänzende Baugrunderkundung im Bereich der geplanten Bebauungen durchzuführen, um die gründungstechnischen Empfehlungen bauplatzbezogen festzulegen bzw. den baulichen Gegebenheiten entsprechend anzupassen. Diese Leistung kann auf Wunsch durch die 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.

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


Alexander Zemel
M.Sc.-Ing.Geol.

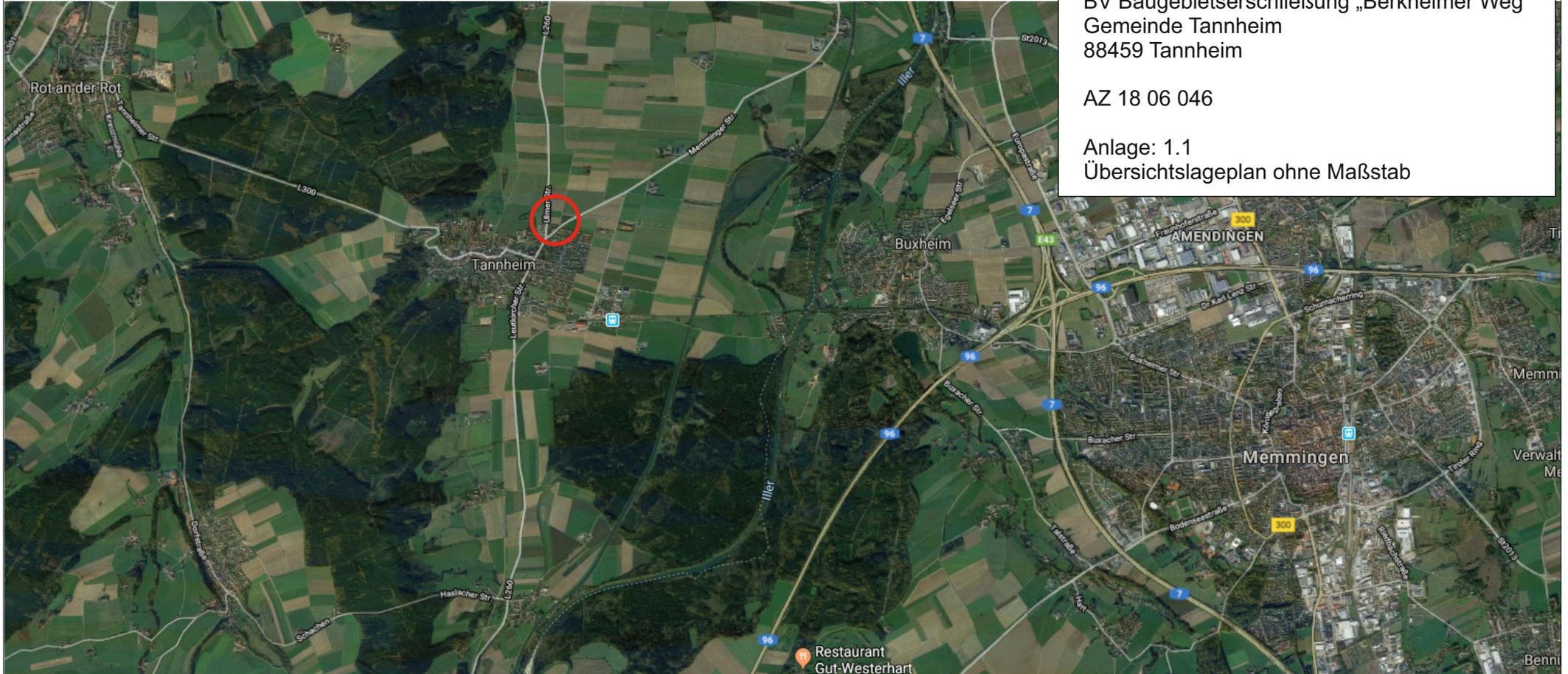
baugrund süd

Gesellschaft
für Bohr- und Geotechnik mbH

BV Baugebieterschließung „Berkheimer Weg“
Gemeinde Tannheim
88459 Tannheim

AZ 18 06 046

Anlage: 1.1
Übersichtslageplan ohne Maßstab



 Untersuchungsgebiet



baugrund süd

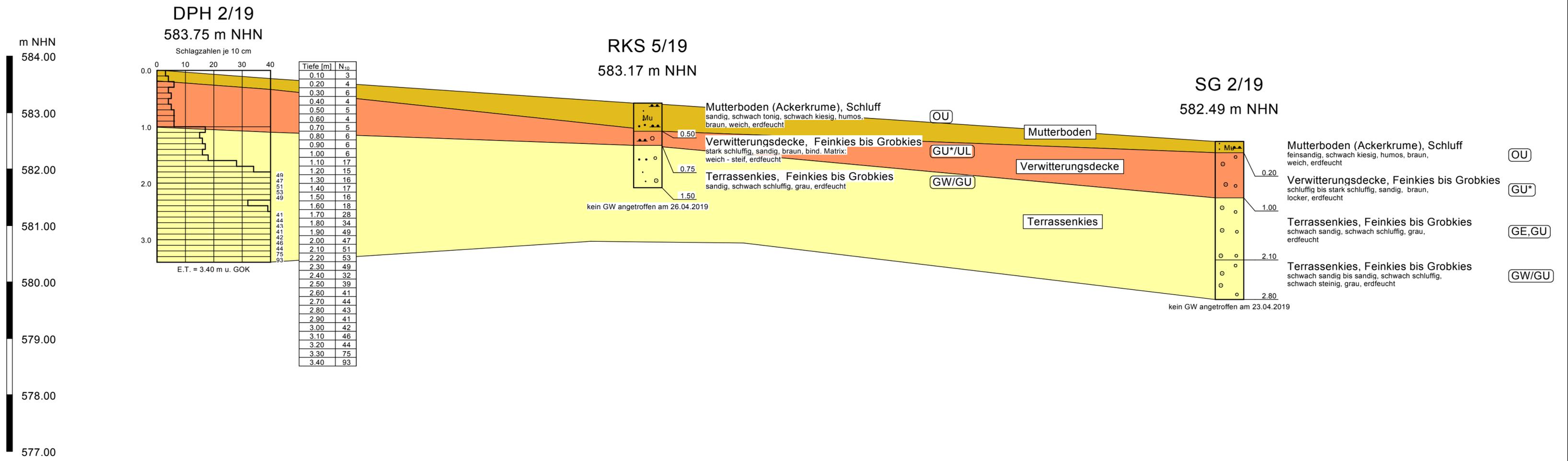
Gesellschaft
für Bohr- und Geotechnik mbH

Baugebieterschließung „Berkheimer Weg“
Gemeinde Tannheim
88459 Tannheim

AZ 18 06 046

Anlage 1.2: Lageplan mit Untersuchungspunkten
Maßstab: unmaßstäblich

Geotechnischer Baugrundschnitt I - I'
 Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

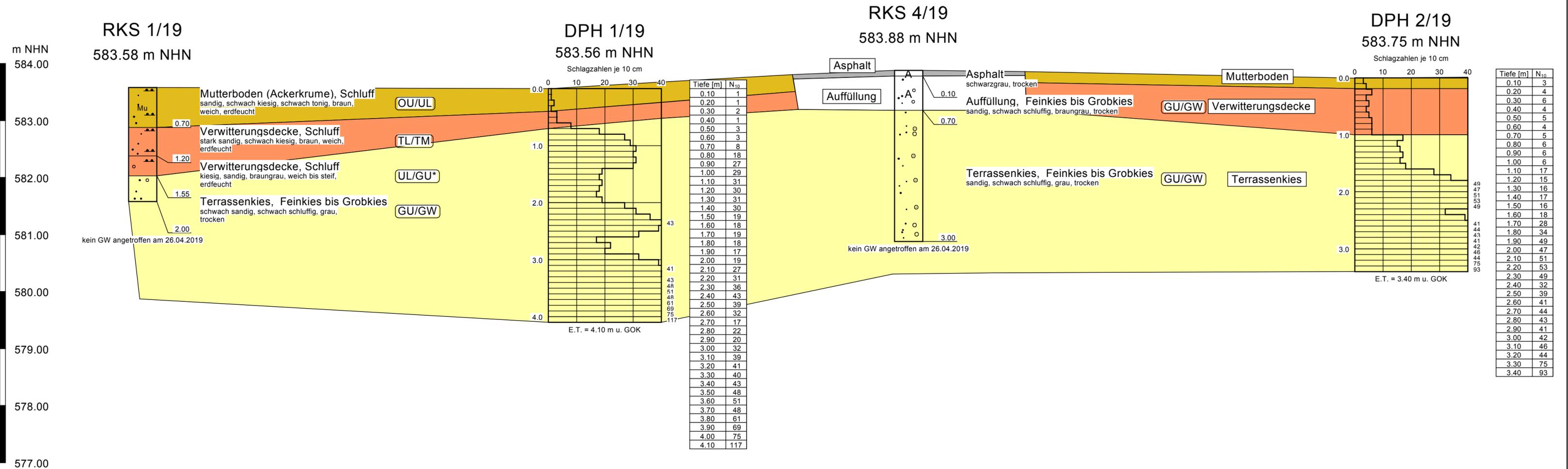


Legende

 Mutterboden	 Terrassenkies
 Verwitterungsdecke	

Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.
 Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.
 Die Schichtenunterteilung bei den Sondierungen ist interpoliert.

Geotechnischer Baugrundschnitt II - II'
Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

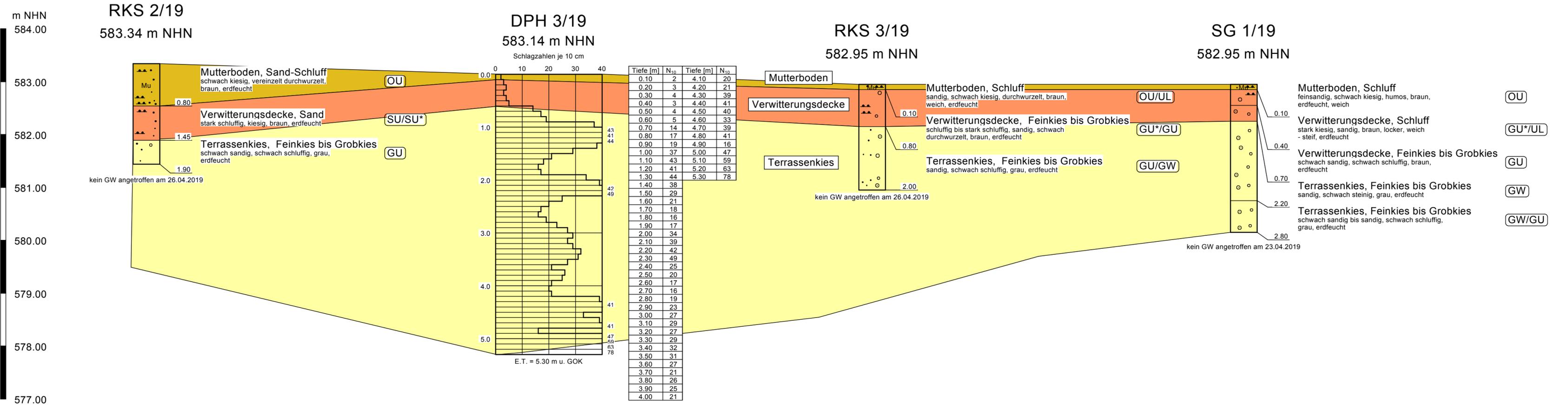


Legende

Mu Mutterboden	A Verwitterungsdecke
A Auffüllung	A Terrassenkies

Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.
Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.
Die Schichtenunterteilung bei den Sondierungen ist interpoliert.

Geotechnischer Baugrundschnitt III - III'
 Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich



Legende

 Mutterboden	 Terrassenkies
 Verwitterungsdecke	

Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.
 Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.
 Die Schichtenunterteilung bei den Sondierungen ist interpoliert.

Zustandsgrenzen nach EN ISO 17892-12

BV Gemeinde Tannheim,
 Erschließung Baugebiet Berkheimer Weg
 in 88459 Tannheim

Bearbeiter: DVi

Datum: 17.05.2019

Prüfungsnummer: 1

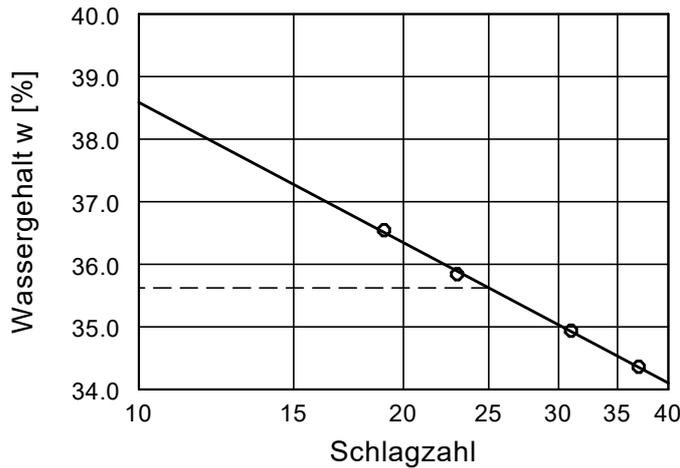
Entnahmestelle: RKS 1/19

Tiefe: 1,0 m

Art der Entnahme: BP

Bodenart: TM

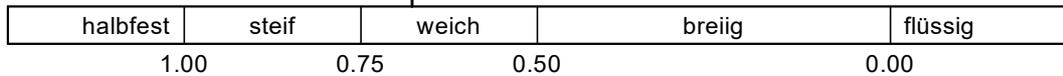
Probe entnommen am: 03.05.2019



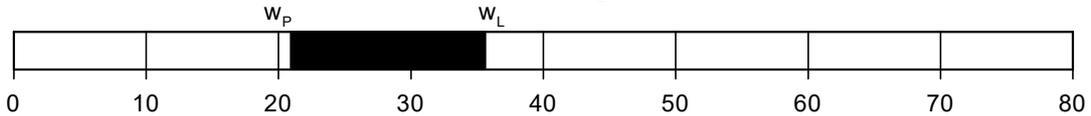
Wassergehalt w =	15.7 %
Fließgrenze w_L =	35.6 %
Ausrollgrenze w_p =	20.9 %
Plastizitätszahl I_p =	14.7 %
Konsistenzzahl I_C =	0.68
Anteil Überkorn \ddot{u} =	42.0 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	2.0 %
Korr. Wassergehalt =	25.7 %

Zustandsform

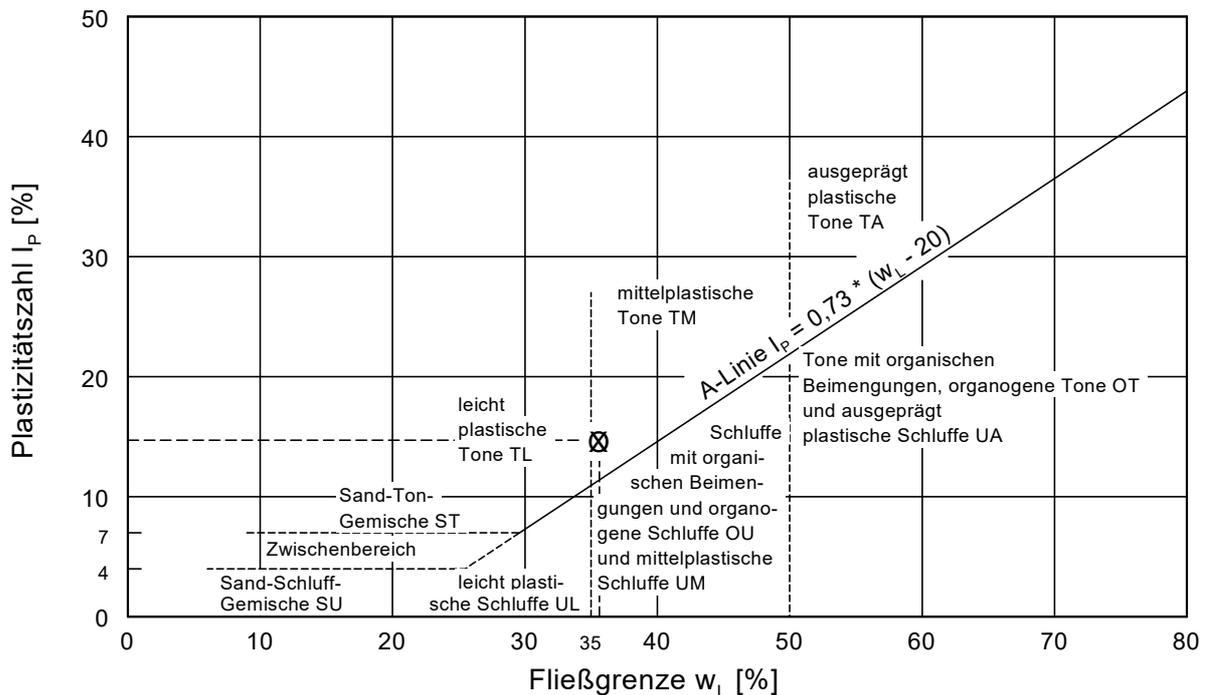
$I_C = 0.68$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



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

Bearbeiter: DVl

Datum: 17.05.2019

Körnungslinie

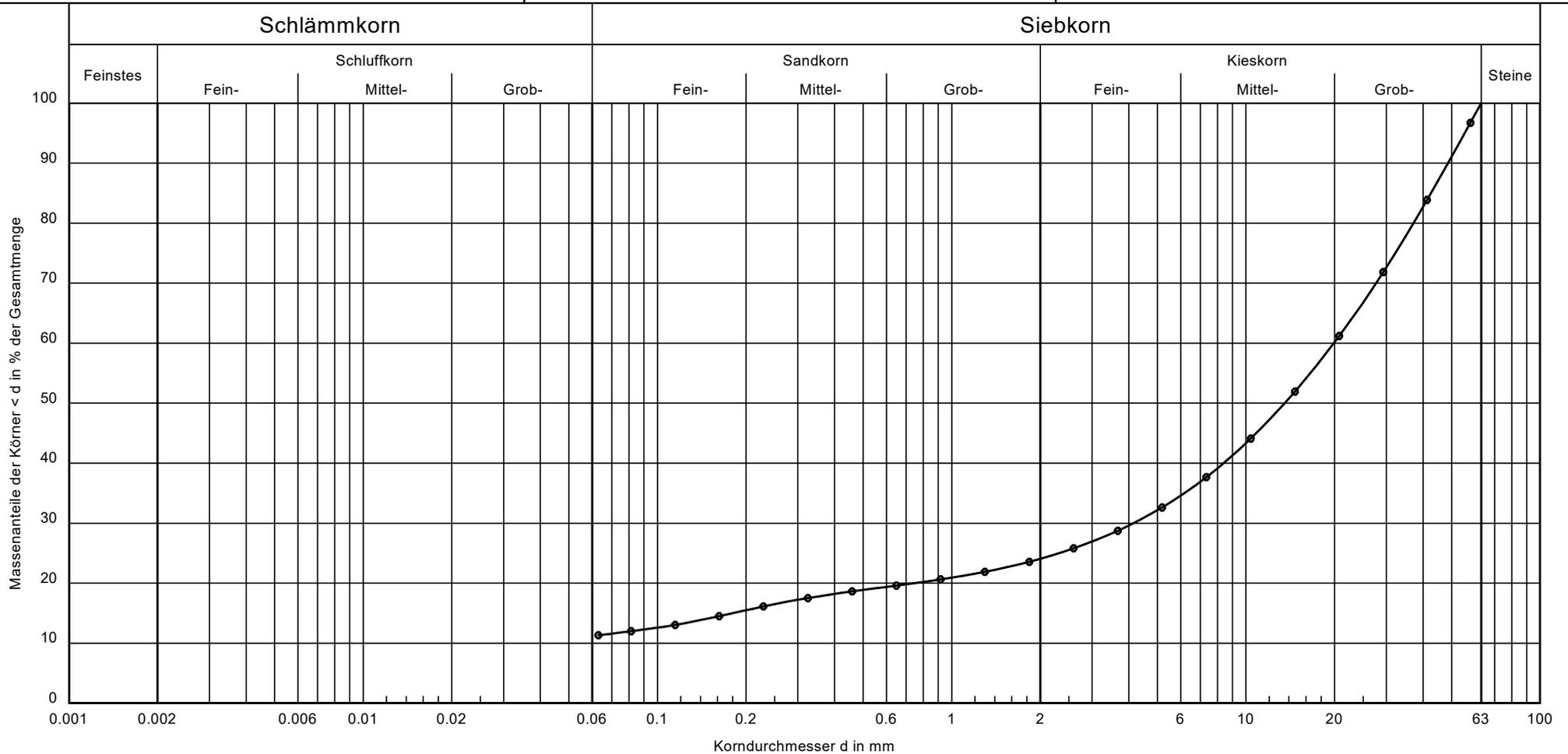
BV Gemeinde Tannheim, Erschließung Baugebiet Berkheimer Weg
 in 88459 Tannheim

Prüfungsnummer: 1

Probe entnommen am: 03.05.2019

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebung



Bezeichnung:	—●—●—
Bodenart:	G, u', s'
Entnahmestelle:	MP RKS 1/19 + RKS 2/19
Tiefe:	2,0 / 1,7 m
U/Cc:	-/-
k [m/s] [Mallet]:	1,72 · 10 ⁻³
T/U/S/G%]:	- /11.3/12.7/75.9

Nach DIN 4022:
 Kies, schwach sandig (G, s', u')
 schwach schluffig

Bericht:
 AZ 18 06 046
 Anlage:
 3.2

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

Bearbeiter: DVi

Datum: 17.05.2019

Körnungslinie

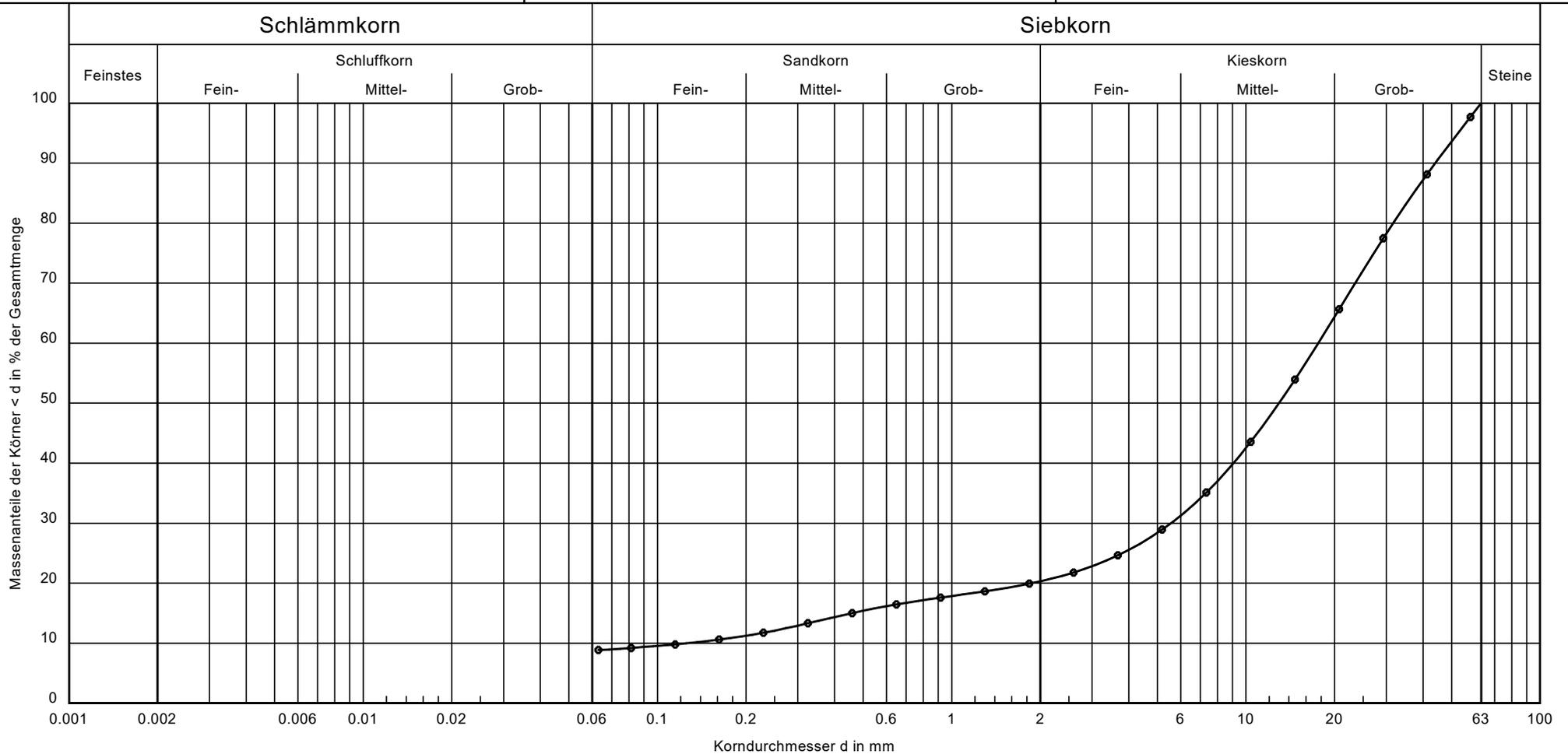
BV Gemeinde Tannheim, Erschließung Baugebiet Berkheimer Weg
 in 88459 Tannheim

Prüfungsnummer: 2

Probe entnommen am: 03.05.2019

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebung



Bezeichnung:



Bodenart:

G, u', s'

Entnahmestelle:

SG 1/19

Tiefe:

0,4 - 0,7 m

U/Cc:

139.2/13.9

k [m/s] [Mallet]:

6,92 · 10⁻³

T/U/S/G%]:

- /8.8/11.5/79.7

Nach DIN 4022:

Kies, schwach sandig (G, s', u')

schwach schluffig

Bericht:

AZ 18 06 046

Anlage:

3.3

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

Bearbeiter: DVi

Datum: 17.05.2019

Körnungslinie

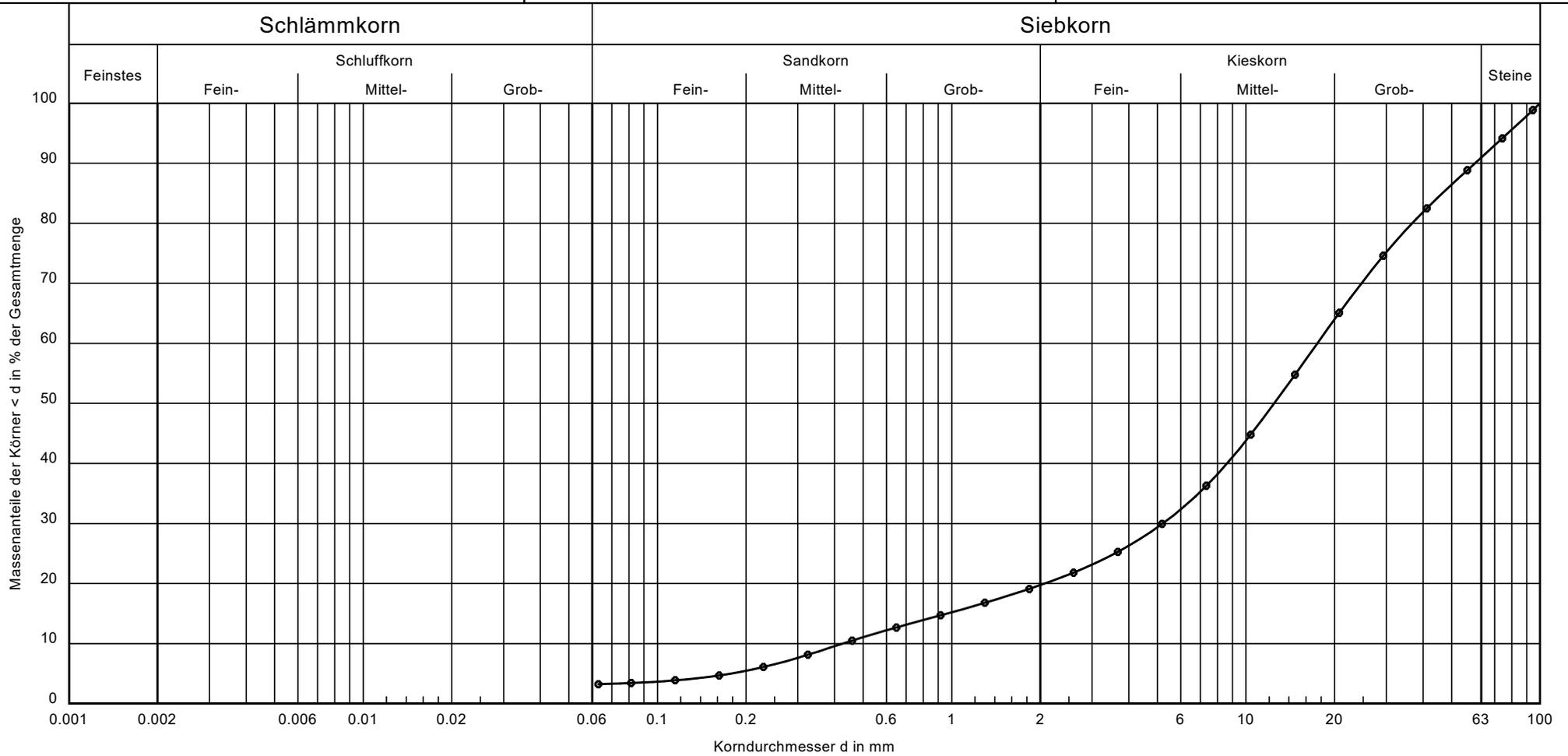
BV Gemeinde Tannheim, Erschließung Baugebiet Berkheimer Weg
 in 88459 Tannheim

Prüfungsnummer: 3

Probe entnommen am: 03.05.2019

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebung



Bezeichnung:	—●—●—
Bodenart:	G, x', ms', gs'
Entnahmestelle:	SG 1/19
Tiefe:	1,0 - 2,0 m
U/Cc:	41.0/3.6
k [m/s] [Seiler]:	$1,34 \cdot 10^{-3}$
T/U/S/G%]:	- /3.2/16.5/71.2

Nach DIN 4022:
 Kies, sandig, schwach steinig (G, s, x')

Bericht:
 AZ 18 06 046
 Anlage:
 3.4

