



HINWEIS:

Das folgende geotechnische Gutachten für das Baugebiet „Diepoldshofen Wittum II“ in Leutkirch im Allgäu wurde in erster Linie für die Erschließungsmaßnahme erstellt.

Die durchgeführten Untersuchungen stellen punktuelle Bodenaufschlüsse dar, die nur Angaben über die Beschaffenheit des Baugrunds an den jeweiligen Untersuchungsstellen geben. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Untersuchungspunkten sind daher möglich.

Unmittelbare Rückschlüsse auf die einzelnen Baugrundstücke sind nur bedingt möglich.

Es wird deshalb für jedes einzelne Bauvorhaben eine objektbezogene Baugrund- / Gründungsberatung empfohlen. Das gilt auch für die Überprüfung der Eignung zur geothermischen Nutzung.

Geologische Untersuchungen

im Rahmen der

Erschließungsplanung Baugebiet

Wittum - Diepoldshofen

Bauherr: Stadt Leutkirch

Auftraggeber/ Bauherr

Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu
Marktstraße 26
88229 Leutkirch i. Alg.

Erstellt:

Klaus-Peter Sickinger
88339 Bad Waldsee
Datum: 07.10.2020

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. VORGANG	4
2. Durchgeführte Maßnahmen	5
3. Lage und Geologie	6
3.1. Allgemeine Lage	6
3.2. Geologie	10
3.2.1. Ergebnisse Bohrungen	11
3.3. Hydrogeologie	14
3.4. Boden	15
3.4.1. Ergebnisse chemisch analytische Untersuchung Oberboden	17
4. Zusammenfassung	20

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebiets	6
Abbildung 2: Blick von Süd auf das Untersuchungsgebiet	7
Abbildung 3: Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet (Quelle: LUBW, RIPS)	8
Abbildung 4: naturschutzrechtliche Vorbehaltsflächen (Quelle: LUBW, RIPS)	9
Abbildung 5: Bebauungsplan Wittum II, Variante B (Quelle: Stadt Leutkirch)	9
Abbildung 6: Ausschnitt Geologische Karte (Quelle: LGRB, Kartenviewer)	11
Abbildung 7: Lage der Geotechnischen Aufschlüsse (Plangrundlage: Bebauungsplan Variante B, Stadt Leutkirch)	12
Abbildung 8: Aufschluss BK 1/20 und BK2/20, BK 3/20 (unten)	13
Abbildung 9: Untersuchungsgebiet im WSG Leutkircher Heide,	14
Abbildung 10: Grundwassermächtigkeit und Grundwassergleichen	15
Abbildung 11: Bodenkundliche Einheiten (Quelle: LGRB, Kartenviewer)	16
Abbildung 12: BK 1: Braunerde über Schmelzwasserkiesen (SG5 - SG1)	17

ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtslageplan
- Anlage 2: Detaillageplan
- Anlage 3: Detaillageplan mit geotechnischen Aufschlüssen
- Anlage 4: Schichtprofilaufnahme der Rammkernbohrungen durch BauGrund Süd GmbH
- Anlage 5_1: Zusammenstellung der Laborergebnisse von Oberflächen - Bodenproben aus Schurfgruben und Profilen der Rammkernbohrungen
- Anlage 5_2: Laborergebnisse Eurofins GmbH zu Oberflächen - Bodenproben aus Profilen der Rammkernbohrungen
- Anlage 6: Geotechnischer Bericht der Fa. Baugrund Süd GmbH zur Erschließung des Bau/ Gewerbegebiets „Saugarten“ in 88299 Leutkirch i.Allg, AZ 1811038 vom 05.07.2019

1. VORGANG

Die Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu beabsichtigt die Siedlungsfläche am östlichen Ortsrand der Gemeinde Diepoldshofen (Flurstücke 93/3 sowie Teilflächen der Flst. Nr.: 74/1, 74/2) zu einem Wohngebiet zu erschließen.

In diesem Zusammenhang beauftragt die Stadt Leutkirch die SUW Bad Waldsee mit der Durchführung von Untersuchungen zur Bewertung der geologischen und bodenkundlichen Ausgangslage sowie die darüber hinaus reichenden baugrundtechnischen Untersuchungen zu koordinieren.

Ziel der Untersuchung ist es, die geologische und hydrogeologische Beschaffenheit des Untergrundes im Bereich des Plangebietes zu erkunden, bodenkundliche Untersuchungen als Grundlage des Bodenmanagements durchzuführen und die Ergebnisse zusammenfassend in einem geotechnischen Bericht darzustellen.

Die im folgenden Bericht enthaltenen Ergebnisse und deren Bewertung beziehen sich auf die jeweiligen Untersuchungspunkte bzw. Probenahmestellen. Abweichungen sind aufgrund der Inhomogenität des Bodens sowie von Auffüllmaterialien nicht auszuschließen.

In Synergiewirkung wurde das ausführende Bohrunternehmen, Baugrund Süd in Bad Wurzach beauftragt, die Ergebnisse von geotechnischen Aufschlüssen aus Schurfgruben, Rammkernbohrungen und Rammsondierungen in einer geotechnischer Stellungnahme nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1997-2 darzustellen und gründungstechnisch zu bewerten.

Der vorliegende Untersuchungsbericht der Fa. Baugrund Süd ist dem Bericht der SUW zur allgemeinen Geologie und zu den bodenkundlichen Untersuchungen beigelegt (s. Anlage 6) und gibt einen Überblick über die allgemeine Bebaubarkeit des Baugebiets sowie Angaben zu der Verkehrsfläche wieder. Zur Erhöhung der Planungssicherheit wird jedoch dringend empfohlen, im Zuge der Bebauung der einzelnen Baugrundstücke objekt- und standortbezogene, ergänzende Baugrunderkundungen nachzuziehen.

2. Durchgeführte Maßnahmen

Folgende geotechnischen Maßnahmen wurden zur Aufnahme und Beurteilung der geologischen Schichtenabfolge im Untersuchungsareal, der bodenkundlichen Bewertung sowie der hydrogeologischen Situation im Zeitraum vom 30.06.2020 bis 15.07.2020 durchgeführt:

- Erheben und Sichten von Unterlagen zur Geologie und Boden im Untersuchungsgebiet (Datenbasis Geoportal, RP Freiburg, LGRB).
- Anlegen von 5 Schurfgruben mittels Raupenbagger zur bodenkundlichen Aufnahme bis in maximal 3 Meter unter GOK, Probenahme humoser Oberboden zur Untersuchung nach BBodSchV.
- Abteufen von 3 Rammkernbohrungen DN 193 (BK1-3/20) bis in eine Tiefe von 7,0 m und 8,0 m unter der Geländeoberkante (GOK), Ausbau von Bohrung BK2/20 zu einem Grundwasseraufschluss 3" (GWM2/20), Schichtprofilaufnahme sowie die zeichnerische Darstellung des Messstellenausbaus sind in Anlage 4 beigelegt.
- Zur Ermittlung der Durchlässigkeit der anstehenden Böden wurde an der ausgebauten Bohrung BK2/20 ein Kurzpumpversuch und in Schurfgrube SG1/20 ein Sickersversuch durchgeführt.
- Zur Ermittlung des Lagerungszustands und der Festigkeit des Untergrundes wurden 4 Rammsondierungen (DPH 1-4/19) mit der schweren Rammsonde (dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis in Tiefen zwischen 5,0 m (DPH 1-3/19) und 6,0 m (DPH 4/20) unter der Geländeoberkante (GOK) niedergebracht.
- Einmessung der Lage der Schürfe, der Bohraufschlüsse und der Grundwassermessstelle sowie der Ansatzpunkte der schweren Rammsondierungen mittels GPS seitens der Fa. BauGrund Süd. Die UTM Koordinaten der Aufschlusspunkte sind im Lageplan Anlage 3 eingetragen.
- chemisch – analytische Untersuchung von Bodenproben des humosen Oberbodenprobens; Untersuchungsstelle: Eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena; Das Institut ist durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (D-PL-14081-01-00) akkreditiert; der Analysenbefund des Institutes ist in Anlage 5 und 6 beigelegt. Die angewandte DIN Methodik ist dem Laborbefund zu entnehmen.
- bodenmechanische Laborversuche zur Ermittlung der Körnungslinie und des Glühverlusts an gestörten Bodenproben (Labor BaugrundSüd).

3. Lage und Geologie

3.1. Allgemeine Lage

Das Untersuchungsareal befindet sich am östlichen Rand der Gemeinde Diepoldshofen westlich der großen Kreisstadt Leutkirch i. Allg. Es wird begrenzt von der bestehenden Bebauung im Westen sowie landwirtschaftlich genutzten Flächen im Osten und Süden. Am nördlichen Rand des Gebietes befindet sich ein Skater Platz, nordwestlich grenzt die Grundschule der Gemeinde Diepoldshofen an das Areal.

Die Lage am östlichen Rand der Gemeinde Diepoldshofen ist dem Übersichtslageplan in Anlage 1 zu entnehmen. Nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Orthophotos zum Untersuchungsareal.



Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebiets

Nachfolgend sind die allgemeinen Standortdaten tabellarisch zusammengefasst:

Standortdaten	
Lage der Fläche	östlich Ortsrand der Gemeinde Diepoldshofen
Flurstücke	Gemarkung Diepoldshofen: Flst74/1, 74/2, 93/3
Rechts-/ Hochwert	Projektion ETRS89-UTM32N 571060 E 5299650 (mittig)
Reliefposition	flachwellige Talverebnung
Höhenlage	ca. 652,5 m ü. NN (mittlere Höhenlage)
Vornutzung	Grünland, Acker
Nutzung im Umfeld	landwirtschaftliche Nutzung, Siedlungsfläche
Geologie	Schmelzwassersedimente des Niederterrassenniveaus
Bodentyp	mittelgründige Braunerde – Parabraunerde

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Blick über das Untersuchungsgebiet von Süden.



Abbildung 2: Blick von Süd auf das Untersuchungsgebiet

Der Untersuchungsraum gehört zum Naturraum der Riß-Aitrach-Platten. Die Landschaft ist durch die rißeiszeitlichen Grund- bzw. Endmoräne sowie durch würmeiszeitlich verfüllte Schmelzwasserrinnen geformt. Das Untersuchungsgebiet liegt am Ausgang der Tiefen-Aitrach-Rinne vor dem Übergang in die Argen-Eschach-Rinne.

Morphologisch bildet das Untersuchungsareal eine flachwellige Verebnung, welche schwach nach Nordost geneigt ist. Der tiefste Punkt befindet sich an DPH 2/20 im Nordosten des Untersuchungsbereichs. Die Höhendifferenz zwischen der südwestlichen Hochlage (SG5/20: 641,86 m ü. NN) und der nordöstlichen Tieflage (DPH 2/20: 641,11 m ü. NN) beträgt 0,75 Meter.

Die Flächen im Untersuchungsareal werden landwirtschaftlich (Ackerfläche, Grünland) genutzt.

Für das Untersuchungsgebiet ist weder ein Überschwemmungsgebiet festgesetzt noch ein Überflutungsgebiet bei HQ100 kartiert (Quelle: LUBW).



Abbildung 3: Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet (Quelle: LUBW, RIPS)

Naturschutzrechtliche Vorbehaltsgebiete (Biotope, Natur- oder Landschaftsschutzgebiete, etc.) sind laut LUBW, Kartenviewer außerhalb des Untersuchungsareals am nordöstlichen Rand kartiert. Es handelt sich dabei um das Offenlandbiotop

Feuchtgebiet 'Wittum' östlich Diepoldshofen, Biotop-Nr. 181254364318 mit einer Flächengröße von 5,38 ar.



Abbildung 4: naturschutzrechtliche Vorbehaltsflächen (Quelle: LUBW, RIPS)

In nachfolgender Abbildung ist der Entwurf zum Bebauungsplan, welcher das Untersuchungsareal begründet dargestellt (Quelle: Stadt Leutkirch):



Abbildung 5: Bebauungsplan Wittum II, Variante B (Quelle: Stadt Leutkirch)

3.2. Geologie

Das Untersuchungsareal befindet sich im Naturraum der Riß-Aitrach-Platten. Rißeiszeitlich übertiefte Talzüge, welche mulden- bis rinnenförmig in die Schichten der Oberen Süßwassermolasse (tOS) eingetieft wurden, sind mit mächtigen würmeiszeitlichen Schmelzwassersedimenten verfüllt. Der zentrale Rinnenbereich ist deutlich eingetieft und bildet die Tiefe Aitrach Rinne.

Die Übertiefungen (Mulden-/ Rinnenstrukturen) wurden im Zuge der letzten Vereisung mit Schmelzwassersedimenten des Niederterrassenniveaus und verschiedenen Schotterkörpern mit einer gemeinsamen Terrassenoberfläche verfüllt (Rheingletscher-Niederterrassenschotter qRTN). Es handelt sich hierbei um Schmelzwasserkiese und -sande mit Hauptkomponente der Kiese, teilweise mit kantigen Steinen. Die maximale Komponentengröße kann einen Durchmesser von 10 Zentimeter überschreiten. Sandlagen bzw. Sandlinsen können lokal auftreten, bilden jedoch keine zusammenhängende Schicht.

Entsprechen der Hydrogeologischen Karte von Baden Württemberg, Leutkircher Heide und Aitrachtal (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg 1989) ist die Untergrenze des Grundwasserleiters im Untersuchungsareal in ca. 600 m ü. NN bis 610 m ü. NN zu erwarten. Die Liegendgrenze der Niederterrassenschotter wurde mit der maximale Erkundungstiefe von 8,0 m (ca. 633,4 m ü. NN; vgl. BK 2/20) nicht angetroffen.

Die Niederterrassenschotter sind von einer Verwitterungsdecke überlagert, welche oberflächennah Einmischungen von Lösslehm in der Decklage aufweist. Es handelt sich hierbei um braun bis braungraue, sandig, kiesige, schwach tonige Schluffe. Der Anteil der Kieskomponente nimmt zur Tiefe hin zu.

Nachfolgende Abbildung zeigt für das Untersuchungsareal einen Ausschnitt aus der Geologischen Karte (Quelle: Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9, Landesamt für Geologie Rohstoffe, Bergbau/ LGRB, Geoportal).

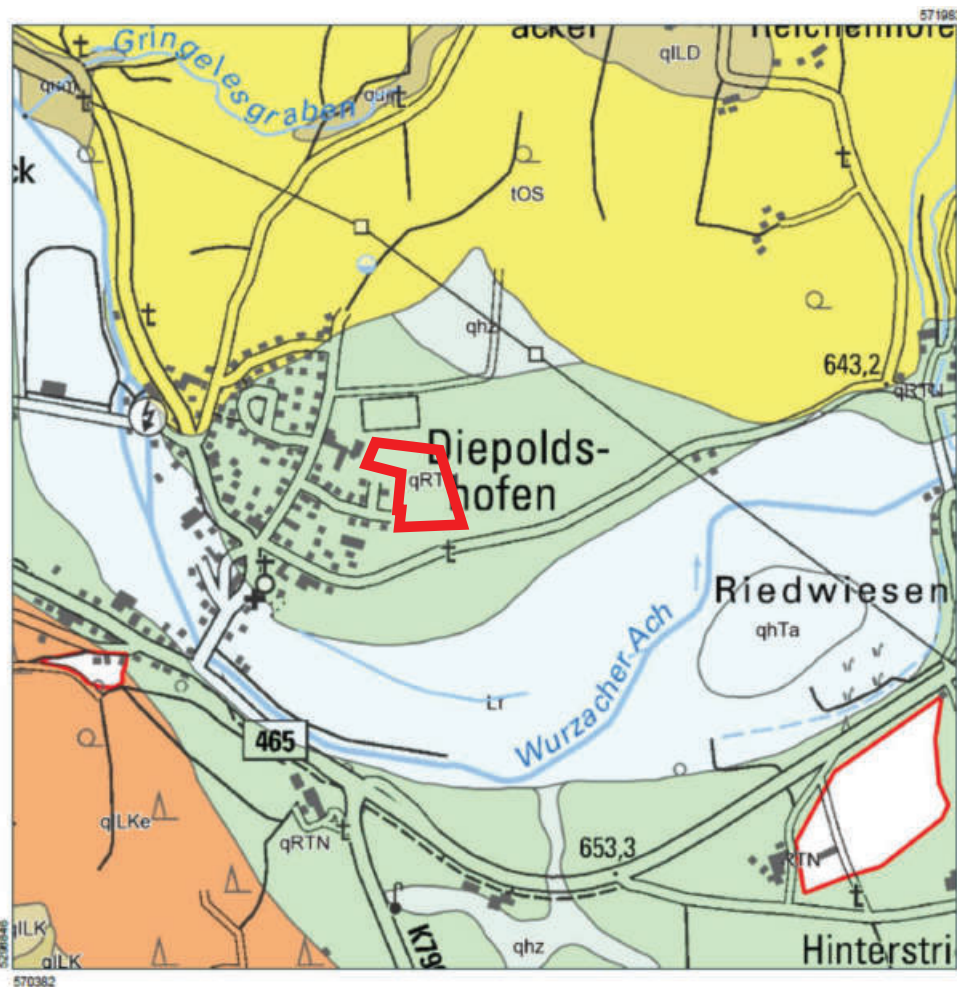


Abbildung 6: Ausschnitt Geologische Karte (Quelle: LGRB, Kartenviewer)

3.2.1. Ergebnisse Bohrungen

Zur Erkundung der geologischen Beschaffenheit im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 3 Rammkernbohrungen und 4 Rammsondierungen (DPH) abgeteuft.

Nach den abgeteuften Aufschlüssen kann für das Untersuchungsareal folgende generalisierte Schichtenabfolge zugrunde gelegt werden:

- Verwitterungsdecke mit Bodenbildung aus Kiesverwitterungsschicht, oberflächennah mit Einmischung von Lösslehm (Decklage)
- Schmelzwasserkiese und -sande (qRTN)

Die Lage der Rammkernbohrungen, Rammkernsondierungen und Baggerschurfe ist in nachfolgender Abbildung auf Grundlage des Bebauungsplanentwurfs Variante B dargestellt:

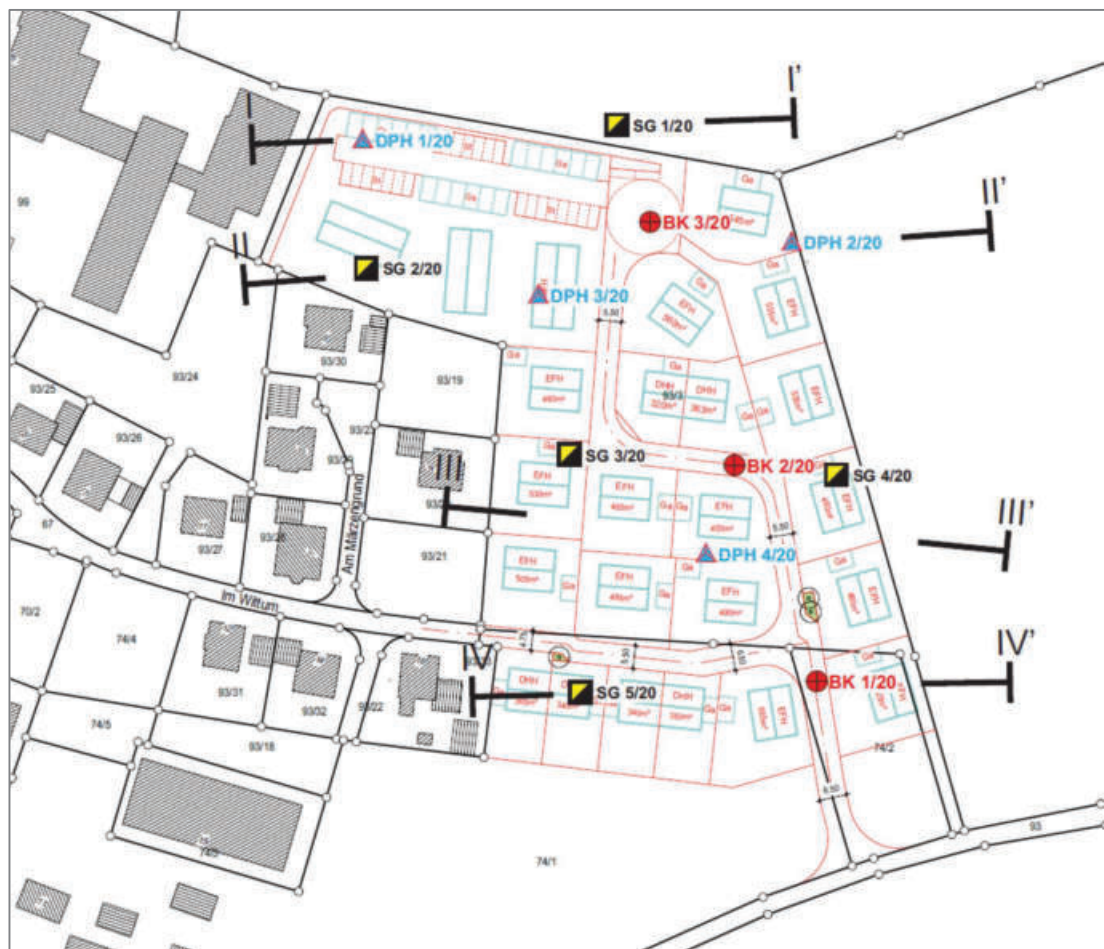


Abbildung 7: Lage der Geotechnischen Aufschlüsse (Plangrundlage: Bebauungsplan Variante B, Stadt Leutkirch)

Die Endteufe der Bohrungen kam jeweils in den Schmelzwasserkiesen zu liegen. In nachfolgender Tabelle sind die Schichtglieder entsprechend der Schichtenaufnahme dargestellt.

Bohrung	Ansatzpunkt GOK [m ü.NN]	Unterkante Verwitterungsdecke [m]	Endteufe Rammkernbohrung [m]	Unterkante Verwitterungsdecke [m]	Endteufe Rammkernbohrung [m]
BK 1/20	641,56	2,8	7,0	638,76	634,56
BK 2/20	641,43	1,3	8,0	640,13	633,43
BK 3/20	641,41	2,0	8,0	639,41	633,41

Bei der Schichtenfolge der Schmelzwassersedimenten des Niederterrassenniveaus handelt es sich um überwiegend grau bis stellenweise graubraun gefärbte Schmelzwasserkiese und -sande. Im Aufschlussbild sind die Kieskomponenten dominant. Im Kiesverband treten jedoch immer wieder unterschiedlich ausgeprägte Sandlagen (Schmelzwassersande) auf.

Innerhalb der Schmelzwasserkiese ist mit dem Auftreten von Steinen ($> 63 \text{ mm}$) bis zu Großblöcken ($> 630 \text{ mm}$) zu rechnen.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Schmelzwasserablagerungen im Aufschlussbild für BK 1, BK2 und BK 4:



Abbildung 8: Aufschluss BK 1/20 und BK2/20, BK 3/20 (unten)

Entsprechend dem Geotechnischen Bericht zur Erschließung des Baugebiets „Wittum“ in 88299 Leutkirch im Allgäu, OT Diepoldshofen der Fa. Baugrund Süd stellen die aufgeschlossenen Schmelzwasserkiese und -sande ein gut tragfähiges Gründungssubstrat im Untersuchungsgebiet dar (BaugrundSüd, AZ 20 02 060, S. 6). Das Gutachten ist in Anlage 6 beigelegt.

3.3. Hydrogeologie

Das Untersuchungsareal befindet sich in Schutzzone IIIA des gemeinsamen Wasserschutzgebiet Leutkircher Heide, Brunnen Reichenhofen.

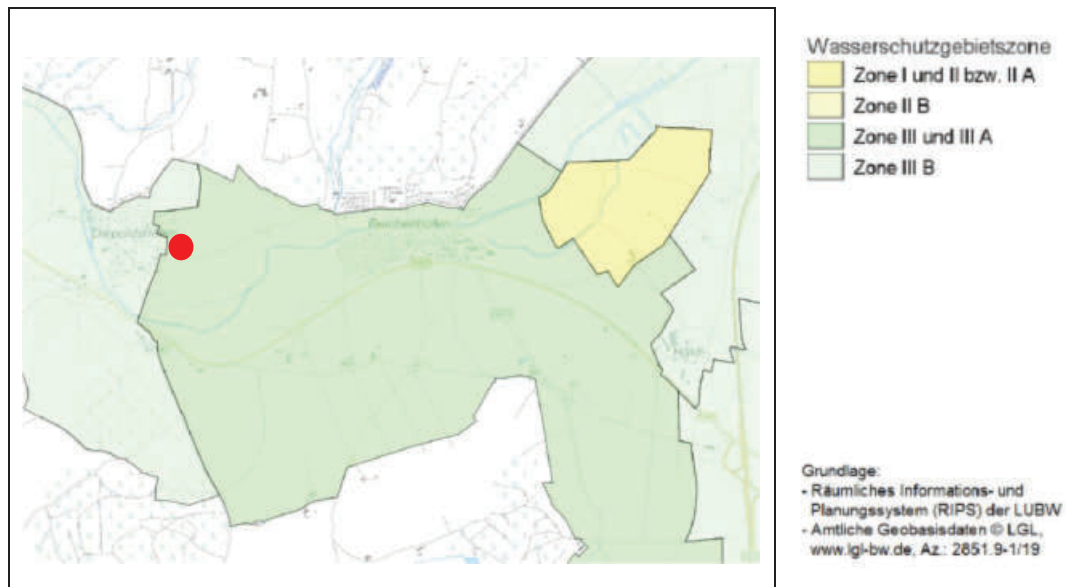


Abbildung 9: Untersuchungsgebiet im WSG Leutkircher Heide,

Die Grundwasserfließrichtung im Untersuchungsgebiet ist nach Ost gerichtet. Entsprechend der Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg Leutkircher Heide und Aitrachtal, Karte V ist mit einer Grundwassermächtigkeit im Untersuchungsgebiet von 20 bis 30 Meter zu rechnen. Das Untersuchungsgebiet liegt randlich des dokumentierten Bereichs.

Im Untersuchungsgebiet wurde der Grundwasserstand im Zuge der Rammkernbohrungen am jeweiligen Bohrende 30.06./01.07.2020 in 5,15 bis 5,40 Meter unter GOK (BK2/ BK 1) angetroffen. Die Bohrung BK2/20 wurde zu einem Grundwasseraufschluss 3“ ausgebaut.

Die Grundwassergleichen in der hydrogeologischen Karte werden für den 01.09.1980 mit 638 bis 637 m ü. NN angegeben. Insofern kann der an Messstelle BK2/20 am 01.07.2020 mit 636,28 m ü NN gemessene Grundwasserstand als Niedrigwasserwert angesetzt werden. Ein Grundwassermonitoring zumindest in monatlichen Stichtagen wird empfohlen.

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Karte V zur Hydrogeologischen Karte Leutkircher Heide und Aitrachtal mit Eintragung der Grundwassermächtigkeit (blau) und der Grundwassergleichen (violett) am 01.09.1980 (LGRB Freiburg, 1989).

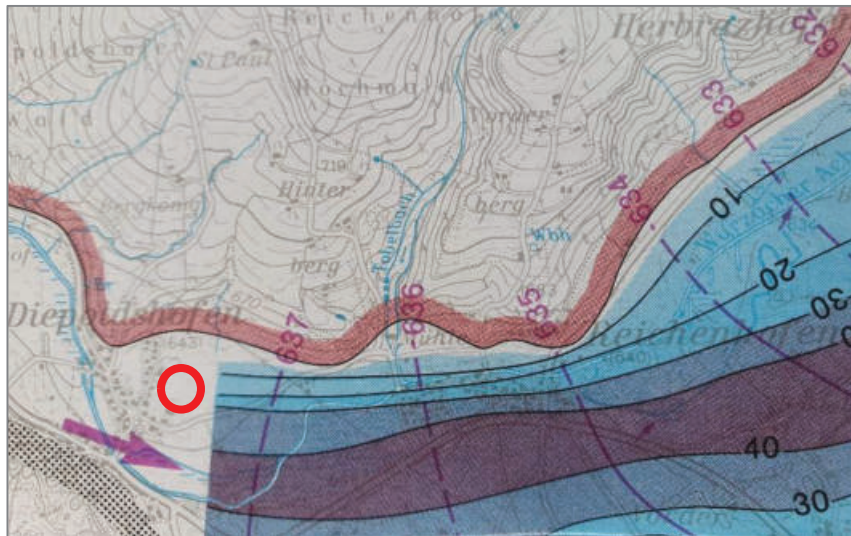


Abbildung 10: Grundwassermächtigkeit und Grundwassergleichen

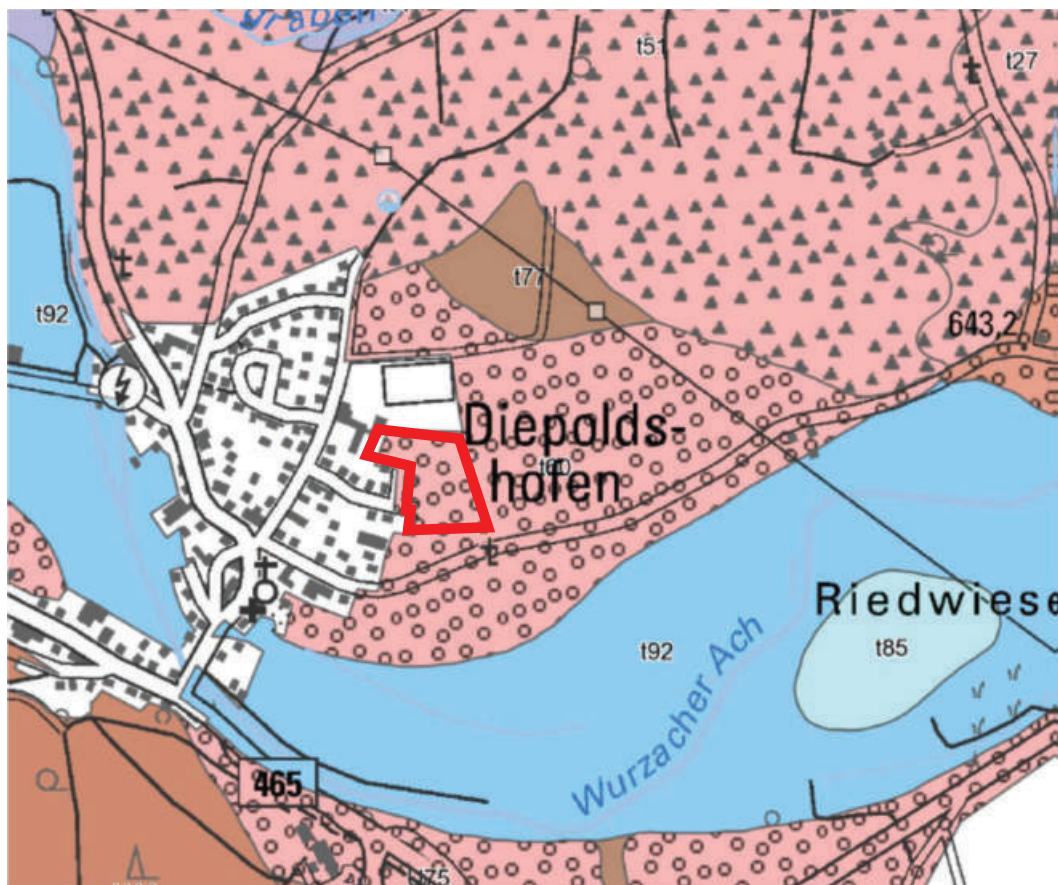
An Bodenproben aus den Rammkernbohrungen wurden im Erdbaulabor der Fa. BaugrundSüd Sieb-Schlämmanalysen zur Bestimmung der Kornverteilung durchgeführt. Die aus der Körnungslinie abgeleiteten korrigierten Durchlässigkeitsbeiwerte liegen für die Schmelzwasserkiese zwischen in einer Größenordnung zwischen $8,8\text{E-}05 \text{ m/s}$ und $1,3\text{E-}03 \text{ m/s}$. Aus dem Sickerversuch wurde eine Durchlässigkeit von $1,0\text{E-}04 \text{ m/s}$ ermittelt.

Der Verwitterungshorizont der Schmelzwasserkiese zeigt mit $7,4\text{E-}07 \text{ m/s}$ und $1,2\text{E-}05 \text{ m/s}$ deutlich geringere Durchlässigkeiten.

Die Schmelzwasserkiese sind nach DIN 18130 als stark durchlässiger bis durchlässiger Boden zu bezeichnen. Die Schmelzwasserkiese bilden einen ergiebigen, gut durchlässigen Aquifer mit geringmächtiger Überdeckung von 1,3 bis 2,8 m Mächtigkeit aus Kiesverwitterungsschicht mit Lösslehm einmischung in Decklage.

3.4. Boden

Entsprechend der Bodenkarte M 1: 50.000 (Quelle: GeoLa BK 50, LGRB Freiburg, Kartenviewer) haben sich im Untersuchungsgebiet überwiegend mittel bis tiefgründige Braunerde-Parabraunerde und Parabraunerden aus Schmelzwasserschottern, oberflächennah mit Einmischung von Lösslehm entwickelt (Terrestrische Böden, Klasse B und L).



BK50: Bodenkundliche Einheiten

- Brauner Auenboden und Auenbraunerde, z. T. mit Vergleyung im nahen Untergrund, aus Auensand und Auenlehm
- Kolluvium, z. T. über Braunerde und Parabraunerde, aus Abschwemmmassen über Fließerden
- Parabraunerde, Parabraunerde-Braunerde und Pseudogley-Parabraunerde aus Terrassensedimenten, Fluss- und Schmelzwasserschottern

Abbildung 11: Bodenkundliche Einheiten (Quelle: LGRB, Kartenviewer)

Die Böden im Untersuchungsgebiet sind mittel tief entwickelt Die Profilmächtigkeit der Braunerde-Parabraunerde aus Schmelzwasserschottern wird mit ca. 6 dm angegeben. Die Bodenfunktionen unter landwirtschaftlicher Nutzung werden nach "Bodenschutz 23" (LUBW 2011) für die Funktion als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf mit sehr hoch eingestuft (4.0), für die Funktion als Filter und Puffer für Schadstoff als mittel (2.0) eingestuft. Die Gesamtbewertung der Bodenfunktionen nach "Bodenschutz 23" der Braunerde-Parabraunerde beträgt 3.0.

Im Rahmen der geotechnischen Arbeiten vor Ort wurden die aufgeschlossenen Schurfgruben auf Grundlage der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) aufgenommen.

Nachfolgende Abbildungen zeigen die Bodenbildung der Braunerde aus Schmelzwasserschottern.



Abbildung 12: BK 1: Braunerde über Schmelzwasserkiesen (SG5 - SG1)

3.4.1. Ergebnisse chemisch analytische Untersuchung Oberboden

Im Zuge der Profilaufnahme der Schurfgruben wurde der humose Oberbodenhorizont beprobt. Es wurden jeweils Oberbodenproben in Anlehnung an Bewirtschaftungsflächen zu einer Mischprobe vermengt und zur orientierenden Bewertung auf die Parameter der Vorsorgewerte nach BBodSchV untersucht.

Die Laborproben wurden auf die Parameter der Vorsorgewerte für Böden nach BBodSchV § 8 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG untersucht. Die Analysenergebnisse sind in Anlage 6 zusammengestellt.

Entsprechend der bodenkundlichen Profilansprache wird der Humusgehalt im Oberboden mit 2 bis 4 % (h3: mittel humos) angesetzt. Der Oberboden ist carbonatfrei bis sehr carbonatarm (c0 bis c1).

Merkmale von Stauwasser (Pseudovergleyung) wurden an den Aufschlüssen nicht festgestellt.

In nachfolgender Tabelle sind die gemessenen Ergebnisse den Vorsorgewerten der BBodSchV, Anlage 4.1 und 4.2 gegenübergestellt.

Probe/ Parameter	Dimension	Vorsorgewerte			Aufbringung	MPSG2.1/ BK3 Ap	SG1.1 Ah	MP SG3.1.- 5.1 Ah
Lab.-Nr.		Sand	Schluff	Ton	Schluff *0,7	120092464	120092465	120092466
pH Wert (CaCl ₂)	--	Böden pH > 6				5,5	5,9	5,7
Humusgehalt	Ma %	Humusgehalt <= 8%				4,0	4,1	3,4
Arsen ¹	mg/kg TS	10	15	20	10,5	13,3	10,1	10,8
Blei	mg/kg TS	40	70	100	49	40	28	29
Cadmium ²	mg/kg TS	0,4	1	1,5	0,7	0,4	0,3	0,3
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	30	60	100	42	59	42	43
Kupfer	mg/kg TS	20	40	60	28	27	20	22
Nickel ²	mg/kg TS	15	50	70	35	35	24	28
Quecksilber	mg/kg TS	0,1	0,5	1	0,35	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Zink ²	mg/kg TS	60	150	200	105	124	99	99
Böden mit		Humusgehalt <= 8% / > 8%						
PCB ₆ excl. BG	mg/kg TS	0,05 / 0,1			0,035 / 0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PAK ₁₆ excl. BG	mg/kg TS	3,0 / 10,0			2,1 / 7	(n.b.)	(n. b.)	(n. b.)
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3 / 1,0			0,21 / 0,7	< 0,05	< 0,05	< 0,05

n.b.: nicht berechenbar, Einzelwerte < Nachweisgrenze

* Vorsorgewerte Schluff x 0,7: 70 % der Vorsorgewerte in der entstandenen Bodenschicht bei landwirtschaftlicher Aufbringung

¹ Zuordnungswert nach VwV Boden Baden-Württemberg

² Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von < 6,0 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Sand.

Tabelle 1: chemisch – analytische Ergebnisse humoser Oberboden

Es wurde in allen drei Mischproben eine Überschreitung des Vorsorgewertes nach BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 für die Parameter Nickel und Zink in Folge der Bewertung nach den Zuordnungswerten Bodenart Sand aufgrund der niedrigen pH-Werte (< 6) festgestellt. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung führt zu einer Versauerung des humosen Oberbodens (Gülleintrag), so dass zur Bodenverbesserung dringend eine pH-Wert Anhebung mittels Kalkung anzuraten ist. Bei einem Ziel pH-Wert > 6 halten die gemessenen Ergebnisse die Vorsorgewerte nach BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 für die Bodenart Schluff ein.

Die Ergebnisse der untersuchten Proben halten die jeweiligen Vorsorgewerte entsprechend der BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.2 ein.

Es konnten weder PCB₆ noch PCB₁₁₈ als Leitkongener für dioxinähnliche PCB in den Proben des humosen Oberbodens nachgewiesen werden.

Die gemessenen Arsenkonzentrationen halten den Zuordnungswert Z0 nach VwV Boden Baden-Württemberg für die Bodenart Schluff ein.

Nach § 8 Abs. 2 Nr. 1 Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) sind Vorsorgewerte Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen und großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung besteht.

Bodenmaterial i.S. der BBodSchV ist „Material aus Böden im Sinne des § 2 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und deren Ausgangssubstraten einschließlich Mutterboden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird.“ Das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden unterliegt der bodenschutzrechtlichen Vorsorgepflicht (BBodSchG §4), welche hinsichtlich der Schadstoffgehalte für durch die, in der BBodSchV festgelegten Vorsorgewerte für ausgewählte Schadstoffparameter, konkretisiert ist. Nach dieser Vorsorgepflicht sind die vom Gesetz festgelegten Personen verpflichtet, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen, die durch ihr Handeln und ihre Nutzung auf dem Grundstück oder in dessen Einwirkungsbereich hervorgerufen werden können.

Zum Aufbringen von kulturfähigem Unterboden auf landwirtschaftlicher Fläche sind die Vorsorgewerte *0,7 (70 % Wert) einzuhalten.

Die Arsen und Chromkonzentration im humosen Oberboden überschreitet an der Mischproben aus SG 2/20 und BK3/20 (Maisacker) sowie der Mischprobe aus den Schurfen SG3/20, SG4/20 und SG5/20 (Grünlandnutzung) das 70% Kriterium bei landwirtschaftlicher Folgenutzung. Im humosen Oberboden an SG 1/20 (Grünlandnutzung, geplante Sickerstelle) wird das 70% Kriterium bei landwirtschaftlicher Folgenutzung eingehalten.

Die Untersuchungen der Proben des humosen Oberbodens aus den Schurfgruben und den Rammkernbohrungen haben einen orientierenden Charakter. Im Zuge der weiteren Planung sollte im Rahmen eines Bodenmanagements detaillierte Bodenuntersuchungen zur Verwertungsplanung erfolgen und ein entsprechendes Bodenverwertungskonzept erstellt werden. Zur Sicherung des sachgerechten Umgangs mit humosem Oberboden und kulturfähigem Unterboden unterliegen die Erdarbeiten im Bereich des Bebauungsplanes einer gutachterlichen Begleitung (bodenkundliche Baubegleitung).

4. Zusammenfassung

Die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Schmelzwasserkiese und -sande stellen ein gut tragfähiges Gründungssubstrat dar.

Das geplante Baugebiet befindet sich in Schutzzone IIIA des WSG Leutkircher Heide. Die entsprechenden Vorgaben bei der Errichtung von Anlagen und Bebauung in Zone IIIA sind einzuhalten. Die Schutzgebietsverordnung ist zu beachten.

Die ermittelte Sickerfähigkeit der anstehenden Sedimente (Verwitterungskies und Schmelzwasserkiese) sowie die hydrologische Situation im Untersuchungsgebiet (Grundwasserflurabstand) halten insgesamt die Vorgaben der DWA A-138 für eine wirksame Versickerung von Niederschlagswasser im Untersuchungsgebiet ein.

Bei der Errichtung einer Versickerungsanlage sind die überlagernden Deckschichten (Oberboden, Verwitterungslehm) zur Schaffung eines hydraulischen Kontakts vollständig abzutragen bzw. mittels eines Bodenaustauschs mit einem sickerfähigen Material eine hydraulische Verbindung zwischen dem Sickersubstrat (Verwitterungskies/ Schmelzwasserkies) und der Versickerungsoberfläche herzustellen.

Im Allgemeinen und unter dem Aspekt der bodenschutzrechtlichen Vorsorgepflicht sind beim Versickern von Niederschlagswasser die Vorsorgewerte im Sickerkörper einzuhalten. Am Standort der Schurfgrube SG1/20 sind die Vorsorgewerte nach BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1, 4.2 im humosen Oberboden eingehalten. Hinweise auf anthropogene Veränderungen und Schadstoffeinträge konnten am Profil der Schurfgrube nicht festgestellt werden. Die Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser ist grundsätzlich mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

Im Untersuchungsgebiet haben sich aus Schmelzwasserschottern, oberflächennah mit Einmischung von Lösslehm, überwiegend mittel tiefgründige Braunerde-Parabraunerde und Parabraunerden entwickelt

Aufgrund des niedrigen pH-Wertes (<6) wurde im humosen Oberboden in allen drei Mischproben eine Überschreitung des Vorsorgewertes nach BBodSchV, Anhang 2, Tab. 4.1 für die Parameter Nickel und Zink festgestellt.

Die Angaben zum Baugrundmodul sowie grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen sind dem geotechnischen Bericht der Fa. BaugrundSüd (AZ 2002060 vom 09.09.2020) zu entnehmen.

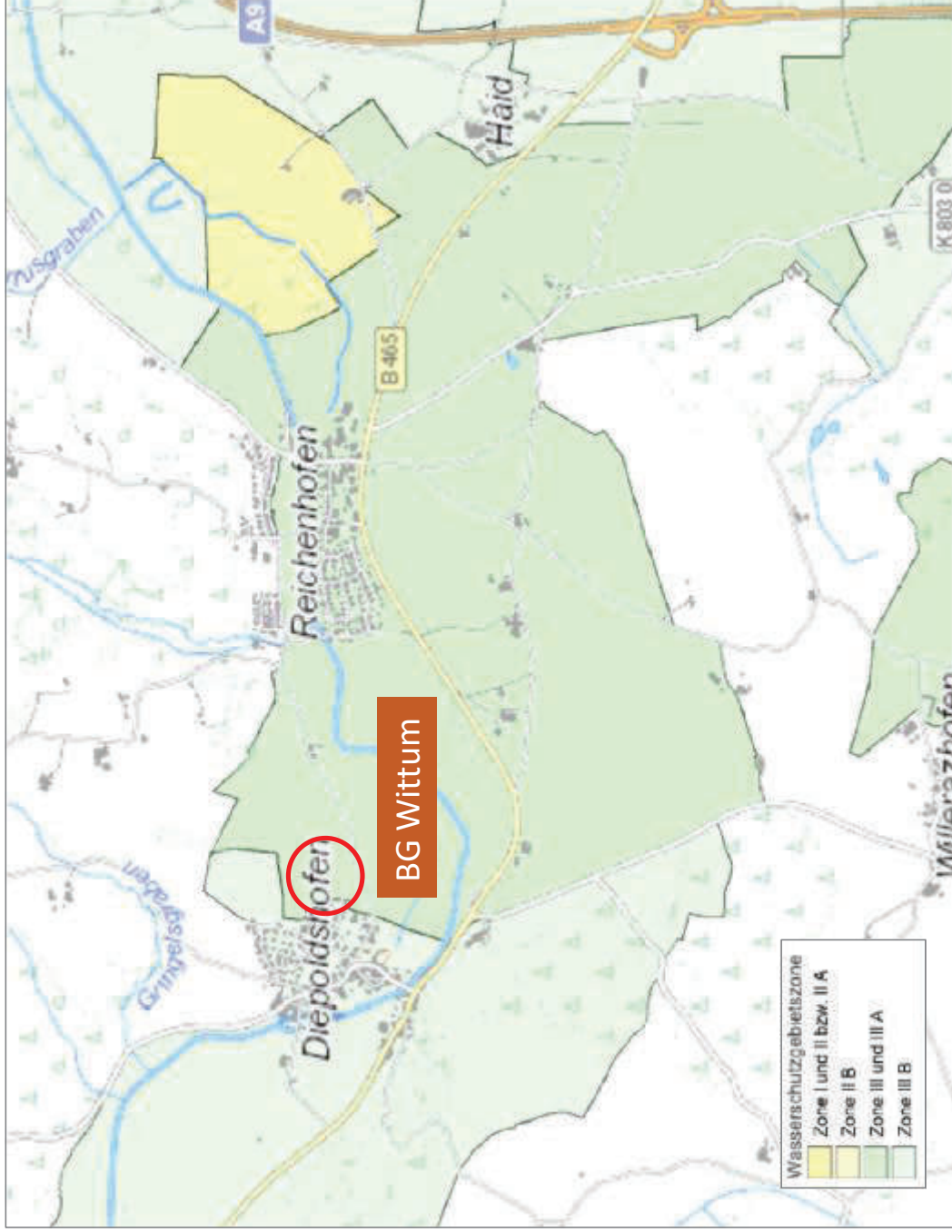
Für weitere Maßnahmen im Verlauf der zukünftigen Planung und Ausführung sowie zu ergänzenden Maßnahmen zur Klärung noch offener Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Aufgestellt:

Bad Waldsee, 07.10.2020

[Sickinger Umwelt- und Wasserwirtschaft](#)

Klaus-Peter Sickinger

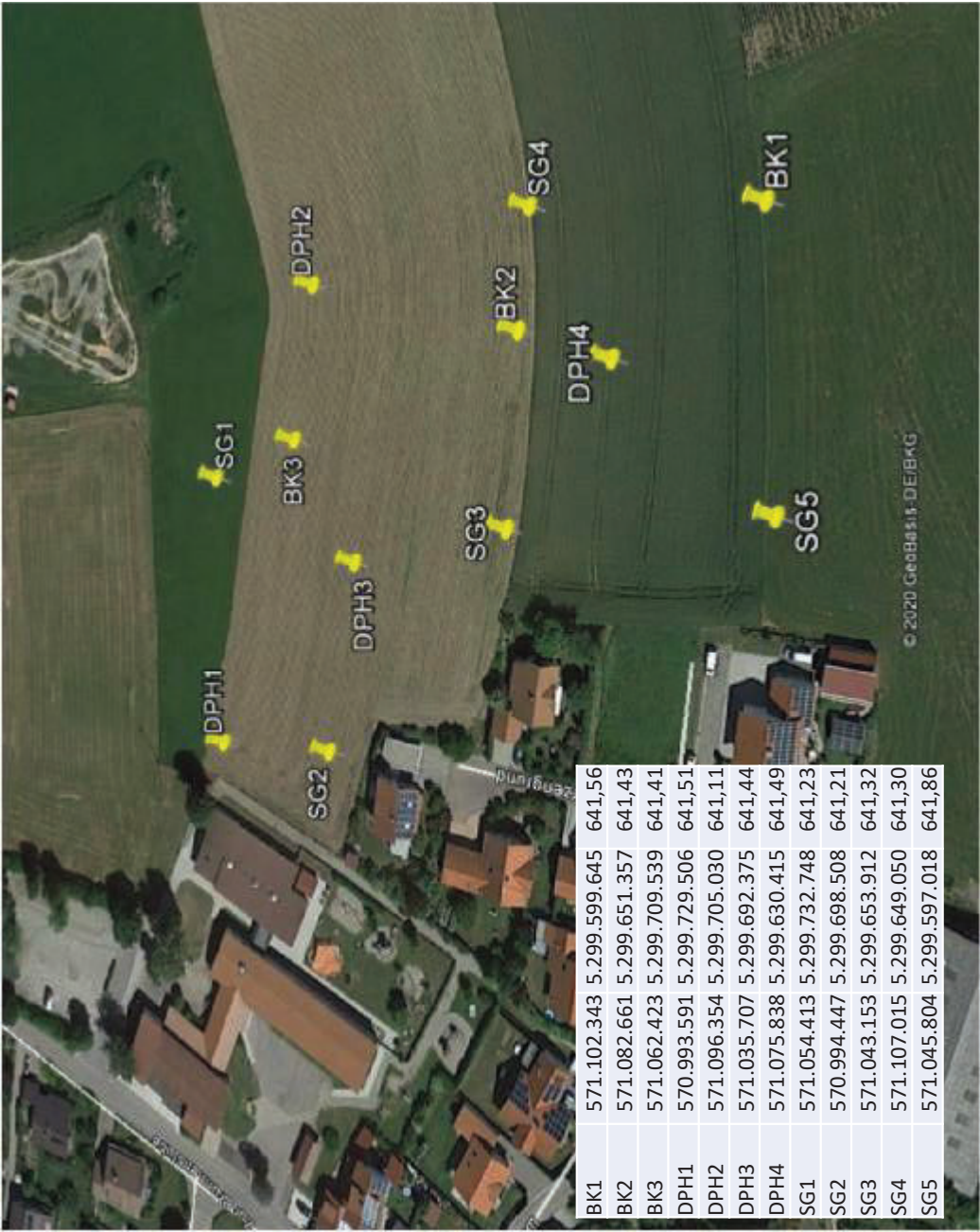


BG Wittum Leutkirch - Diepoldshofen

Anlage 1:
Übersichtslageplan

SUW

Projekt: BG Wittum, Diepoldshofen	
AG: Stadt Leutkirch	Stadt Leutkirch
Maßstab: -	Gefertigt: 02.07.2020
Bearbeiter: Sickinger	Gezeichnet: Si
Kartengrundlage: RIPS/LUBW; Geobasisdaten LGL	



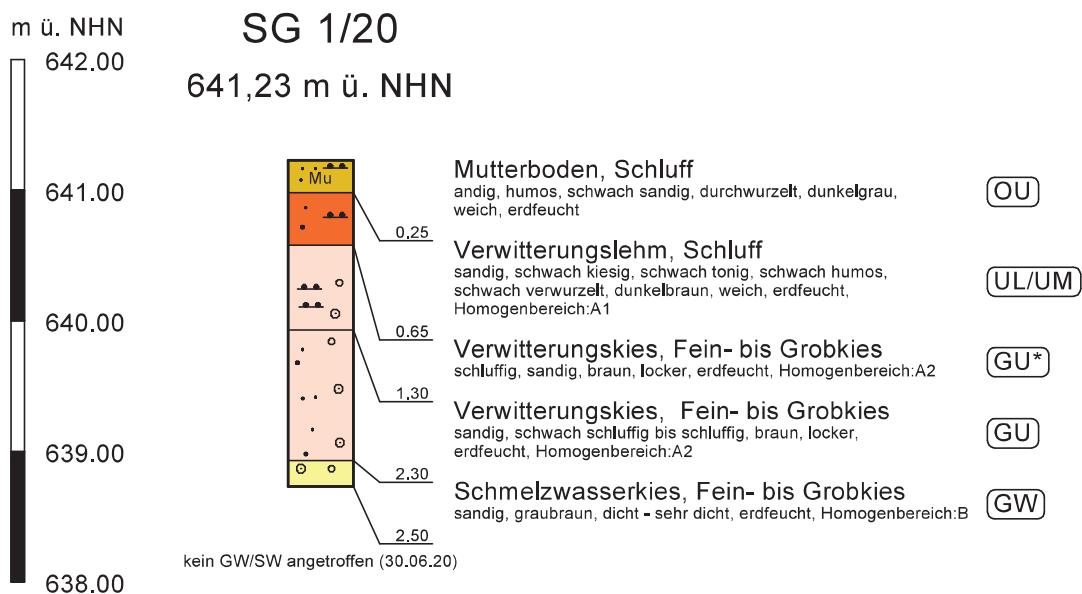
**BG Wittum,
Leutkirch - Diepoldshofen**

Anlage 3:
Detaillageplan
geotechnische Aufschlüsse

BK: Rammkernbohrungen
DPH: schwere Ramm-
sondierungen
SG: Schurfgruben

SUW

Projekt: BG Wittum, Diepoldshofen	
AG: Stadt Leutkirch	Stadt Leutkirch
Maßstab: -	Gefertigt: 02.07.2020
Bearbeiter: Sickinger	Gezeichnet: Si
Kartengrundlage: Google Earth	

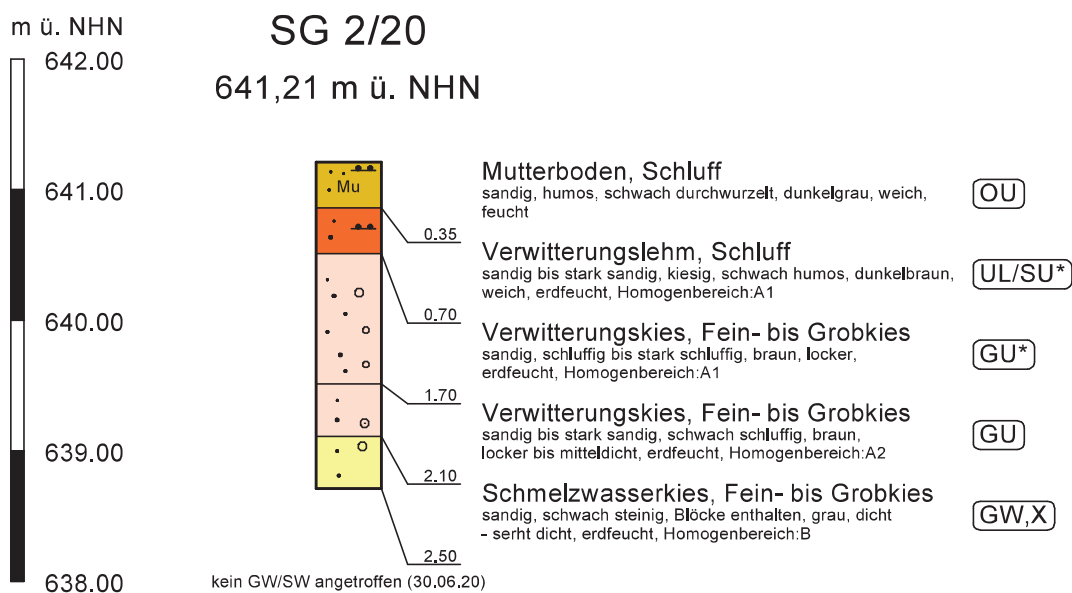


Legende

	Mutterboden		Verwitterungskies
	Verwitterungslehm		Schmelzwasserkies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

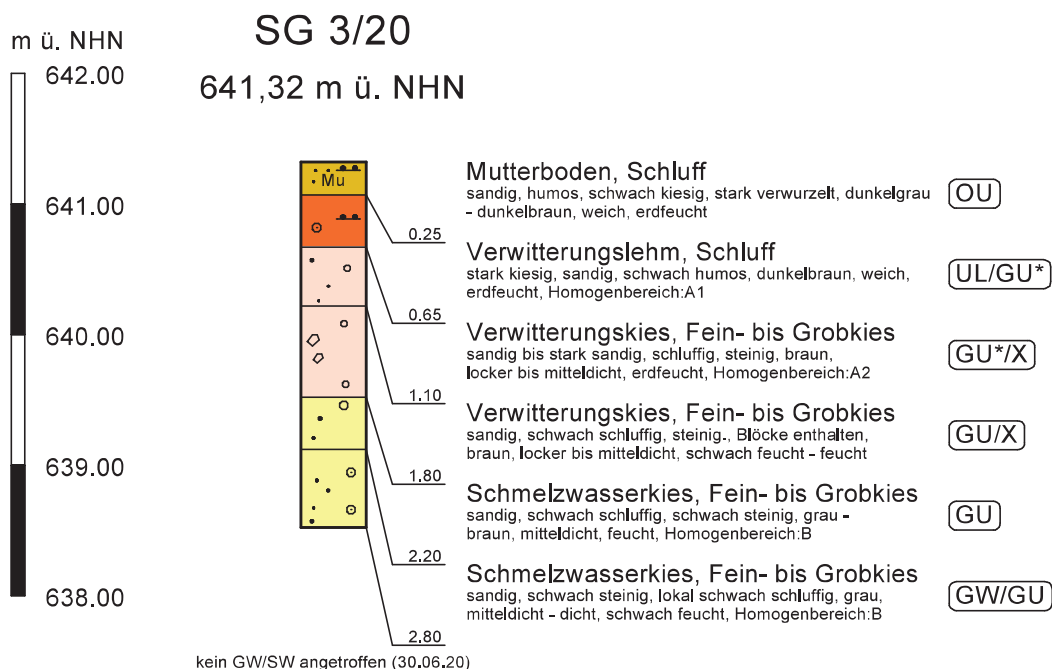


Legende

	Mutterboden		Verwitterungskies
	Verwitterungslehm		Schmelzwasserkies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.



Legende



Mutterboden



Verwitterungskies



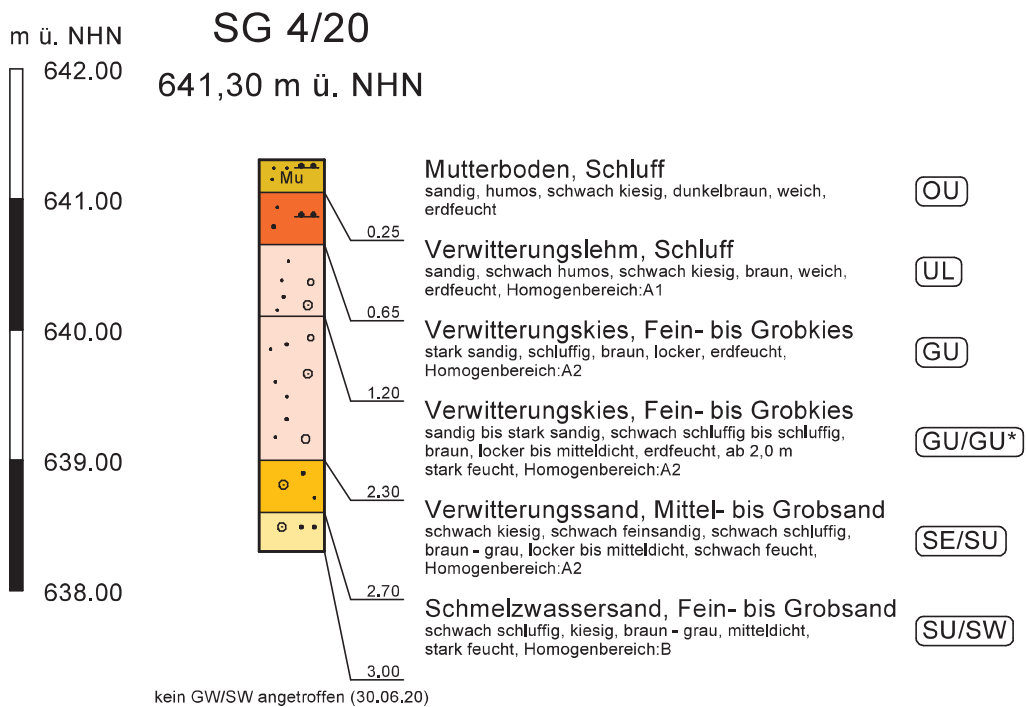
Verwitterungslehm



Schmelzwasserkies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.



Legende



Mutterboden



Verwitterungslehm



Verwitterungssand



Verwitterungskies



Schmelzwassersand

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

SG 5/20

641,86 m ü. NHN

m ü. NHN

642.00

641.00

640.00

639.00

638.00



Mutterboden, Schluff

sandig, humos, stark verwurzelt, dunkelbraun, weich, erdfeucht

OU

Verwitterungslehm, Schluff

sandig bis stark sandig, schwach tonig, schwach kiesig, schwach humos, dunkelbraun, weich, erdfeucht, Homogenbereich:A1

UL/GU*

Verwitterungskies, Fein- bis Grobkies

stark sandig, schwach schluffig, dunkelbraun, locker bis mitteldicht, schwach feucht - feucht, Homogenbereich:A2

GU

Verwitterungskies, Fein- bis Grobkies

sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig, braun, locker bis mitteldicht, feucht, Homogenbereich:A2

GU/GU*

Verwitterungssand, Feinsand

schluffig bis stark schluffig, beige - braun, locker bis mitteldicht, feucht - nass, Homogenbereich:A2

SU*

Schmelzwasserkies, Fein- bis Grobkies

sandig, schwach steinig, grau, dicht, schwach feucht, Homogenbereich:B

GW

Legende



Mutterboden



Verwitterungslehm



Verwitterungssand



Verwitterungskies



Schmelzwasserkies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

BK 1/20

641,56 m ü. NHN

m ü. NHN

642.00

641.00

640.00

639.00

638.00

637.00

636.00

635.00

634.00

MU

Mutterboden, Schluff

schwach sandig bis sandig, humos, durchwurzelt, braun
- dunkelbraun, weich, erdfeucht

OU

0,20

Verwitterungskies, Fein- bis Grobkies

sandig, schwach steinig, lokal schwach schluffig, braun
- braunrot, locker bis mitteldicht, erdfeucht, Homogenbereich: A2

GW/GU

2,80

Schmelzwasserkies, Fein- bis Grobkies

schwach sandig bis sandig, steinig, hellgrau - grau,
dicht - sehr dicht, trocken - erdfeucht, ab 5,0 m
feucht - nass, Homogenbereich: B

GW/X

5,40
(01.07.20)

7,00

Legende



Mutterboden



Schmelzwasserkies



Verwitterungskies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

BK 2/20

m ü. NHN

641,43 m ü. NHN

642.00

641.00

640.00

639.00

638.00

637.00

636.00

635.00

634.00

633.00



Mutterboden, Schluff

schwach sandig bis sandig, vereinzelte Kieskomponenten, sehr schwach humos, schwach durchwurzelt, braun, weich, erdfeucht

OU/UL

Verwitterungskies, Fein- bis Grobkies

schwach sandig bis sandig, schluffig, vereinzelt Steine, braun - braunrot, locker bis mitteldicht, Matrix: weich, erdfeucht - schwach feucht, Homogenbereich: A2

GU

Schmelzwasserkies, Fein- bis Grobkies

schwach sandig bis sandig, steinig, hellgrau, mitteldicht - dicht, trocken - erdfeucht, Homogenbereich: B

GW/X

Schmelzwasserkies, Fein- bis Grobkies

schwach sandig bis sandig, steinig, lokal schwach schluffig, lokal "verbacken", hellgrau - grau, dicht - sehr dicht, trocken - erdfeucht, ab 5,0 m feucht - nass, Homogenbereich: B

GW/GU/X

Legende



Mutterboden



Schmelzwasserkies



Verwitterungskies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

BK 3/20

m ü. NHN

642.00

641,41 m ü. NHN

641.00

640.00

639.00

638.00

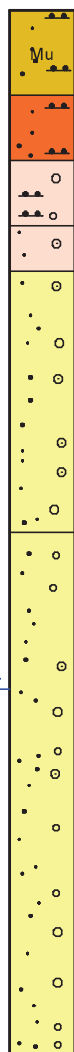
637.00

636.00

635.00

634.00

633.00



Mutterboden, Schluff

schwach sandig bis sandig, humos, schwach durchwurzelt, braun - dunkelbraun, weich, erdfeucht

OU

0,65

Verwitterungslehm, Schluff

sandig, lokal schwach kiesig, braun - braunrot, weich - steif, erdfeucht, Homogenbereich: A1

UL

1,15

Verwitterungskies, Fein- bis Grobkies

schluffig bis stark schluffig, sandig, braun - braunrot, locker, Matrix: steif, trocken - erdfeucht

GU/GU*

1,65

Verwitterungskies, Fein- bis Grobkies

sandig, lokal schwach schluffig, graubraun, locker bis mitteldicht, trocken - erdfeucht, Homogenbereich: A2

GW/GU

2,00

Schmelzwasserkies, Fein- bis Grobkies

schwach sandig bis sandig, steinig, hellgrau, mitteldicht - sehr dicht, trocken - erdfeucht, Homogenbereich: B

GW/X

4,00

5,20
(30.06.20)

Schmelzwasserkies, Fein- bis Grobkies

schwach sandig bis sandig, lokal schwach schluffig, schwach steinig bis steinig, lokal verbacken, hellgrau - graubraun, dicht - sehr dicht, trocken - erdfeucht, ab 5,0 m nass, Homogenbereich: B

GW/GU/X

8,00

Legende



Mutterboden



Verwitterungslehm



Verwitterungskies



Schmelzwasserkies

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

Anm.: Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

Bodenprofilaufnahme: Mindestdaten für die Untersuchung nach §3 BBodSchV (OU/DU)

[illegible]

Bodenprofilaufnahme: Mindestdaten für die Untersuchung nach §3 BBodSchV (OU/DU)

Flächenbezogene Daten				
Flst.	Nutzungsart	Vegetation	Flst.	Nutzungsart
93/3	A Ackerland	AF Futterpflanzen		

Punktbezogene Daten									
Titel									
TK-Nr.	Projekt-Nr.	Profil-Nr.	Datum der Aufnahme	Bearbeiter	Rechtswert	Hochwert	Höhe über NN	Aufschlussart	Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Wittum	SG2/20	30.06.20	Sickinger	32570994	5299699	641,21	GG/ GS	
Aufnahmesituation									
Neigung	Exposition	Wölbung	Reliefformtyp	Mikrorelief	Auf-/ abtrag	Nutzungsart	Vegetation	Witterung	anthrop. Veränderungen
11	12	13	14	16	18	19	20	21	22
N0		F	V Verebnung	--		AF	MA	WT3	

[illegible]

[illegible]

Bodenprofilaufnahme: Mindestdaten für die Untersuchung nach §3 BBodSchV (OU/DU)

[illegible]

Bodenprofilaufnahme: Mindestdaten für die Untersuchung nach §3 BBodSchV (OU/DU)

[illegible]

Bodenuntersuchung Oberboden

Probe/ Parameter	Dimension	Vorsorgewerte			Aufbringung	MP SG2/BK3 Ap	SG1.1	MP SG3.1.-5.1
		Sand	Schluff	Ton				
Lab.-Nr.		Böden pH > 6			Schluff *0,7	120092464	120092465	120092466
pH Wert in CaCl ₂	–					5,5	5,9	5,7
Humusgehalt	Ma %	Humusgehalt <= 8%				4,0	4,1	3,4
Arsen*	mg/kg TS	10	15	20	10,5	13,3	10,1	10,8
Blei	mg/kg TS	40	70	100	49	40	28	29
Cadmium**	mg/kg TS	0,4	1	1,5	0,7	0,4	0,3	0,3
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	30	60	100	42	59	42	43
Kupfer	mg/kg TS	20	40	60	28	27	20	22
Nickel**	mg/kg TS	15	50	70	35	35	24	28
Quecksilber	mg/kg TS	0,1	0,5	1	0,35	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Zink**	mg/kg TS	60	150	200	105	124	99	99
	Böden mit	Humusgehalt <= 8% / > 8%						
PCB ₆ excl. BG	mg/kg TS	0,05 / 0,1			0,035 / 0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PAK ₁₆ excl. BG	mg/kg TS	3,0 / 10,0			2,1 / 7	(n.b.)	(n. b.)	(n. b.)
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3 / 1,0			0,21 / 0,7	< 0,05	< 0,05	< 0,05

* Zuordnungswert nach VwV Boden Baden-Württemberg

** Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von < 6,0 gelten für **Cadmium, Nickel und Zink** die Vorsorgewerte der Bodenart Sand. § 4 Abs. 8 Satz 2 der Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), zuletzt geändert durch Verordnung vom 6. März 1997 (BGBl. I S. 446), bleibt unberührt.

Die Vorsorgewerte der Tabelle 4.1 finden für Böden und Bodenhorizonte mit einem Humusgehalt von mehr als 8 Prozent keine Anwendung. Für diese Böden können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Max-Planck-Straße 4 - 85609 - Aschheim-Dornach bei München

SUW, Sickinger Umwelt- und Wasserwirtschaft
Johann-Sebastian-Bach-Str. 18
88339 Bad Waldsee

Titel: **Prüfbericht zu Auftrag 12024257**
Prüfberichtsnummer: **AR-20-KS-005175-01**

Auftragsbezeichnung: **BV Wittum**

Anzahl Proben: **3**
Probenart: **Boden**
Probenahmedatum: **30.06.2020**
Probenehmer: **Auftraggeber**

Probeneingangsdatum: **13.07.2020**
Prüfzeitraum: **13.07.2020 - 17.07.2020**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14081-01-00) aufgeführten Umfang.

Agnieszka Budna
Prüfleitung

Digital signiert, 17.07.2020
Agnieszka Budna
Prüfleitung



Eurofins Umwelt Ost GmbH
Löbstedter Strasse 78
D-07749 Jena

Tel. +49 3641 4649 0
Fax +49 3641 4649 19
info_jena@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. Benno Schneider
Axel Ulbricht, Daniel Schreier
Amtsgericht Jena HRB 202596
USt-ID.Nr. DE 151 28 1997

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000000550
IBAN DE07 2073 0017 7000 0005 50
BIC/SWIFT HYVEDEMM17

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte					Probenbezeichnung		MP	SG1.1	MP
				Sand	Lehm/ Schluff	Ton	Humus- gehalt <= 8%	Humus- gehalt > 8%	BG	Einheit	SG21.AP93/ 3M	120092464	120092465
Probennummer													
120092466													
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz													
Fraktion < 2 mm	FR	JE02	DIN ISO 11464: 2006-12						0,1	%	87,7 ± 7,9	85,8 ± 7,7	86,0 ± 7,7
Fraktion > 2 mm	FR	JE02	DIN ISO 11464: 2006-12						0,1	%	12,3 ± 1,1	14,2 ± 1,3	14,0 ± 1,3
Trockenmasse	FR	JE02	DIN EN 14346: 2007-03						0,1	Ma.-%	79,6 ± 7,2	79,2 ± 7,1	80,7 ± 7,3
Phys.-chem. Eigenschaften zur Beurteilung der Vorsorgewerte a. d. Fraktion < 2mm													
pH in CaCl2	FR	JE02	DIN ISO 10390: 2005-12								5,5	5,9	5,7
TOC	FR	JE02	DIN ISO 10694: 1996-08						0,1	Ma.-% TS	2,3 ± 0,69	2,4 ± 0,72	2,0 ± 0,60
Humus	FR	JE02	berechnet/DIN ISO 10694: 1996-08						0,2	Ma.-% TS	4,0 ± 1,2	4,1 ± 1,2	3,4 ± 1,0
4.1 VW für Metalle (KöWa-Aufschl. n. DIN ISO 11466: 1997-06, Frakt.<2mm) [#]													
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,4	1	1,5			0,2	mg/kg TS	0,4 ± 0,080	0,3 ± 0,060	0,3 ± 0,060
Blei (Pb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	40	70	100			2	mg/kg TS	40 ± 8,0	28 ± 5,6	29 ± 5,8
Chrom (Cr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	30	60	100			1	mg/kg TS	59 ± 12	42 ± 8,4	43 ± 8,6
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	20	40	60			1	mg/kg TS	27 ± 5,4	20 ± 4,0	22 ± 4,4
Quecksilber (Hg)	FR	JE02	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,1	0,5	1			0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	15	50	70			1	mg/kg TS	35 ± 7,0	24 ± 4,8	28 ± 5,6
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	60	150	200			1	mg/kg TS	124 ± 22	99 ± 18	99 ± 18

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte					Probenbezeichnung		MP	SG1.1	MP
				Sand	Lehm/ Schluff	Ton	Humus- gehalt <= 8%	Humus- gehalt > 8%	BG	Einheit	SG21.AP93/ 3M	SG3.1.-5.1	
											Probenahmedatum/ -zeit	120092464	120092466
4.2 Vorsorgewerte für organische Stoffe aus der Fraktion < 2 mm - PCB													
PCB 28	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 52	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 101	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05				0,05	0,1		mg/kg TS	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾
PCB 118	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05						0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (7)	FR	JE02	DIN 38414-S20: 1996-01/DIN ISO 10382: 2003-05							mg/kg TS	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Vergleichswerte					Probenbezeichnung		MP SG21.AP93/ 3M	SG1.1	MP SG3.1.-5.1	
				Sand	Lehm/ Schluff	Ton	Humus- gehalt <= 8%	Humus- gehalt > 8%	BG	Einheit				
4.2 Vorsorgewerte für organische Stoffe aus der Fraktion < 2 mm - PAK														
Naphthalin	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Acenaphthylene	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Acenaphthen	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Fluoren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Phenanthren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Anthracen	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Fluoranthren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Pyren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Benzo[a]anthracen	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Chrysen	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Benzo[b]fluoranthren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Benzo[k]fluoranthren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Benzo[a]pyren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05				0,3	1	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Indeno[1,2,3-cd]pyren	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Dibenzo[a,h]anthracen	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Benzo[ghi]perylene	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05						0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05				3	10		mg/kg TS	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	FR	JE02	DIN ISO 18287: 2006-05							mg/kg TS	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	
Elemente aus Königswasseraufschluss nach DIN ISO 11466: 1997-06 (Fraktion <2mm) [#]														
Arsen (As)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02						0,8	mg/kg TS	13,3 ± 2,7	10,1 ± 2,0	10,8 ± 2,2	

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die Abschätzung der Messunsicherheit erfolgt auf Basis der DIN ISO 11352. Statistische Randbedingungen: $k=2$; $P=95\%$

Aufschluss mittels temperaturregulierendem Graphitblock

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte $< BG$.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die Bestimmung der mit JE02 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Erläuterungen zu Vergleichswerten

Untersuchung nach BBodSchV Tab. 4.1 & 4.2 - Vorsorgewerte Metalle (+As) & Organik.

Böden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten: unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 dieser Verordnung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen

Die Vorsorgewerte werden nach den Hauptbodenarten gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996, unterschieden; sie berücksichtigen den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Für die landwirtschaftliche Bodennutzung gilt § 17 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

Stark schluffige Sande sind entsprechend der Bodenart Lehm/Schluff zu bewerten.

Bei den Vorsorgewerten der Tabelle 4.1 ist der Säuregrad der Böden wie folgt zu berücksichtigen:

- Bei Böden der Bodenart Ton mit einem pH-Wert von $< 6,0$ gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Lehm/Schluff.

- Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von $< 6,0$ gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Sand. § 4 Abs. 8 Satz 2 der Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), zuletzt geändert durch Verordnung vom 6. März 1997 (BGBl. I S. 446), bleibt unberührt.

- Bei Böden mit einem pH-Wert von $< 5,0$ sind die Vorsorgewerte für Blei entsprechend den ersten beiden Anstrichen herabzusetzen.

Die Vorsorgewerte der Tabelle 4.1 finden für Böden und Bodenhorizonte mit einem Humusgehalt von mehr als 8 Prozent keine Anwendung. Für diese Böden können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.

Bei der Darstellung von Grenz- bzw. Richtwerten im Prüfbericht handelt es sich ausschließlich um eine Serviceleistung der EUROFINS UMWELT. Eine rechtsverbindliche Zuordnung der Prüfberichtsergebnisse im Sinne der zitierten Regularien wird ausdrücklich ausgeschlossen. Diese liegt allein im Verantwortungsbereich des Auftraggebers. Die zitierten Grenz- und Richtwerte sind teilweise vereinfacht dargestellt und berücksichtigen nicht alle Kommentare, Nebenbestimmungen und/oder Ausnahmeregelungen des entsprechenden Regelwerkes.

Geotechnischer Bericht

zur Erschließung
des Baugebietes
„Wittum“

in 88299 Leutkirch im Allgäu, OT Diepoldshofen

Aktenzeichen:	AZ 20 02 060
Bauvorhaben:	Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu Erschließung BG Wittum Diepoldshofen - Baugrunderkundung -
Auftraggeber:	Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu Marktstraße 26 88299 Leutkirch im Allgäu
Fachplanung:	Sickinger Umwelt- und Wasserwirtschaft Johann-Sebastian-Straße 18 88339 Bad Waldsee
Bearbeitung:	M.Sc.-Geol. Kathrin Weiß Dipl.-Ing. Rüdiger Ulrich
Datum:	09.09.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Baugrundbeschreibung	4
2	Geotechnisches Baugrundmodell	5
2.1	Bautechnische Beschreibung der Schichten	5
2.2	Bodenmechanische Laborversuche	6
2.3	Bodenmechanische Feldversuche.....	8
2.3.1	Kurzzeitpumpversuch.....	9
2.4	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	10
3	Georisiken	12
3.1	Seismische Aktivität	12
4	Hydrogeologie	12
4.1	Grundwasserverhältnisse	12
5	Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen.....	15
5.1	Baumaßnahme.....	15
5.2	Baugrundkriterien.....	15
5.3	Wohnbebauung / Gründungsempfehlung	15
5.4	Baugrube	17
5.5	Trockenhaltung von Bauwerken	18
5.6	Kanalbau	19
5.7	Straßenbau	20
6	Hinweise und Empfehlungen	21

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab: unmaßstäblich
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, Maßstab 1:100
- 2.1-4 Geotechnische Baugrundschnitte M.d.H. 1:50/ M.d.L. unmaßstäblich
- 2.5 Zeichnerische Darstellung Pegelausbau
- 3 Fotodokumentation der Bohrkerne und Schürfgruben
- 4.1-6 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
- 5 Auswertung Sickerversuche im Baggerschurf
- 6 Auswertung Kurzzeitpumpversuch
- 7

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1] Stadt Leutkirch im Allgäu, Fachbereich Stadtplanung, Natur u. Umwelt, Spitalgasse 1, 88299 Leutkirch, Auszug aus dem Geoinformationssystem (GIS), Grundlage Liegenschaftskataster, Maßstab 1:1000, Stand ALKIS: 07.10.2019, erstellt am 04.02.2020
- [2] Geologische Karte von Baden-Württemberg, M. 1:25 000, Blatt 8125 Leutkirch-West mit Erläuterungen
- [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 Baugrunds
- [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] 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
- [6] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012

1 Allgemeine Baugrundbeschreibung

Die generalisierte Schichtenabfolge, die mit den abgeteufte Aufschlüssen zugrunde gelegt werden kann, wird nachfolgend wiedergegeben:

Mutterboden	(Rezent)
Verwitterungsdecke	(Holozän - rezent)
Schmelzwasserkies	(Quartär/Postglazial)

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

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

Aufschluss	Mutterboden	Verwitterungsdecke (Schluff)	Verwitterungsdecke (Kies/Sand)	Schmelzwasserkies/-sand
BK 1/20	0,00 - 0,20	-	0,20 - 2,80	2,80 - 7,00*
BK 2/20	0,00 - 0,20	-	0,20 - 1,30	1,30 - 8,00*
BK 3/20	0,00 - 0,65	0,65 - 1,15	1,15 - 2,00	2,00 - 8,00*
SG 1/20	0,00 - 0,25	0,25 - 0,65	0,65 - 2,30	2,30 - 2,50*
SG 2/20	0,00 - 0,35	0,35 - 0,70	0,70 - 2,10	2,10 - 2,50*
SG 3/20	0,00 - 0,25	0,25 - 0,65	0,65 - 1,80	1,80 - 2,80*
SG 4/20	0,00 - 0,25	0,25 - 0,65	0,65 - 2,70	2,70 - 3,00*
SG 5/20	0,00 - 0,30	0,30 - 0,65	0,65 - 2,20	2,20 - 3,00*

* Endtiefe Bohrung/Schürfgrube

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

Aufschluss**	Mutterboden	Verwitterungsdecke	Schmelzwasserkies/-sand
DPH 1/20	0,00 - 0,40	0,40 - 2,00	2,00 - 5,00*
DPH 2/20	0,00 - 0,70	0,70 - 1,90	1,90 - 5,00*
DPH 3/20	0,00 - 0,30	0,30 - 2,90	2,90 - 5,00*
DPH 4/20	0,00 - 0,30	0,30 - 1,80	1,80 - 6,00*

* Endtiefe Sondierungen

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

2 Geotechnisches Baugrundmodell

2.1 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 Erschließungsgebiet zugrunde gelegte Baugrundmodell ist dabei zusammenfassend in den Anlagen 2.1-4 dargestellt.

Mutterboden

Die natürliche Schichtenabfolge wird zur Oberfläche hin von einer Mutterbodenauflage mit einer Schichtstärke zwischen 0,20 m und 0,70 m bedeckt. Aus bodenmechanischer Sicht ist der Mutterboden als ein schwach sandiger bis sandiger, schwach kiesiger bis kiesiger und schwach humoser bis humoser Schluff zu charakterisieren. Gemäß den ermittelten Schlagzahlen von $N_{10} = 1$ (N_{10} = Anzahl der Schläge pro 10 cm Eindringtiefe des Sondiergestänges in den Boden) weist die Mutterbodenauflage eine weiche Konsistenz auf, die mit der manuellen Ansprache des Bohr- und Schürfguts bestätigt wird. Der Mutterboden ist lokal als stark durchwurzelt zu bezeichnen.

Der weiche Oberboden ist aufgrund seiner humosen Ausbildung nicht für Gründungszwecke geeignet und somit lediglich für statisch nicht relevante Geländeangleichungen zu verwenden. Bei Umgang mit dem Mutterboden sind die Vorgaben der DIN 18 195 und DIN 19639 (Entwurf) zu berücksichtigen.

Verwitterungsdecke

Unterhalb der Mutterbodenauflage folgen verwitterte Sedimente, die sich in einen aufliegenden lehmig geprägten Horizont und eine darunter liegende kiesige Fazies unterteilen lässt.

Verwitterungslehm

Der Verwitterungslehm reicht bis in eine Tiefe von maximal 1,15 m u. GOK und setzt sich aus einem sandigen bis stark sandigen und schwach kiesigen bis stark kiesigen, schwach tonigen Schluff zusammen, der vereinzelt Wurzelreste beinhaltet. Nach der manuellen Prüfung des lehmigen Horizonts weist dieser eine weiche, lokal auch weiche bis steife Konsistenz auf.

Verwitterungskies

Im Liegenden der verwitterten Lehme folgen kiesig geprägte Verwitterungssedimente, die gegenüber dem Verwitterungslehm einen deutlich geringeren Feinkornanteil enthalten und somit als komponentengestütztes Lockersediment zu bezeichnen sind. Bautechnisch sind die Verwitterungskiese als ein schwach schluffiger bis stark schluffiger, sandiger bis stark sandiger Fein- bis Grobkies anzusprechen. Lokal sind die braun bis graubraun gefärbten, rolligen Verwitterungssedimente auch als schwach kiesige und schwach schluffige Fein- bis Grobsande ausgebildet.

Innerhalb der Verwitterungssedimente treten auch Grobkomponenten wie Steine bis hin zur Blockgröße auf.

AZ 20 02 060, Erschließung BG Wittum Diepoldshofen, in 88299 Leutkirch

In der Verwitterungsdecke (Lehm und Kies/Sand) wurden mit den schweren Rammsondierungen Schlagzahlen auf $N_{10} = 0 - 9$ ermittelt. Den Verwitterungskiesen und -sandsten ist somit eine lockere bis mitteldichte Lagerungsdecke zuzuweisen. Schlagzahlrückgänge auf $N_{10} < 2$ weisen dabei auf durch Sickerwasser aufgeweichte und/oder sandig geprägte Horizonte hin.

Aufgrund ihrer weichen bis steifen Zustandsform und lockeren bis mitteldichten Lagerungsdichte sind die verwitterten Sedimente als nur gering bis mäßig tragfähig zu bewerten. Zudem ist der Verwitterungslehm aufgrund seiner bindigen Matrix als frost- und witterungsempfindlich zu bewerten und wird in Kontakt mit Nässe seine Zustandsform verringern.

Schmelzwassersedimente

Unterhalb der Verwitterungsdecke folgen Schmelzwassersedimente, die sich nach den Erkundungsergebnissen überwiegend als Kiese darstellen und deren Basis mit den abgeteuften Rammkernbohrungen nicht erkundet wurde. Nach der bodenmechanischen Ansprache des Bohr- und Baggerguts setzen sich diese aus einem schwach sandigen bis sandigen und lokal schwach schluffigen bis schluffigen und steinigen Fein- bis Grobkies zusammen. Mit der SG 4/20 wurde ein Sandhorizont aufgeschlossen, der als ein schwach schluffiger und kiesiger Fein- bis Grobsand zu charakterisieren ist.

Innerhalb der Schmelzwassersedimente ist mit dem Auftreten vom Grobkomponenten bis hin zur Blockgröße zu rechnen.

Die registrierten Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen in den Schmelzwasserablagerungen zeigen insgesamt eine Spannweite von $N_{10} = 7$ bis > 25 auf, womit ihnen eine mitteldichte, mit zunehmender Tiefe jedoch überwiegend dichte bis sehr dichte Lagerungsdichte zuzuweisen ist.

Grundsätzlich stellen die Schmelzwasserkiese und -sande ein gut tragfähiges Gründungssubstrat im Untersuchungsgebiet dar.

2.2 Bodenmechanische Laborversuche

Zusätzlich zu der manuellen Ansprache des Bohrgutes wurden aus den Rammkernbohrungen gestörte Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor der Fa. BauGrund Süd im Hinblick auf ihre bodenmechanischen Eigenschaften untersucht. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Korngrößenverteilung nach DIN 18123

Eine Korngrößenverteilung liefert eine erste Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Durchlässigkeit, Frostempfindlichkeit, Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit und Eignung als Filtermaterial. Zur Ermittlung der Kornverteilung werden die Korngrößen getrennt, und zwar für die Korngrößen $d > 0,063$ mm durch Sieben und für die Korngrößen $d < 0,125$ mm durch Sedimentation (Schlämmen). Bei gemischtkörnigen Böden mit größeren Anteilen über und unter $d = 0,063$ mm wird eine kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse durchgeführt.

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 4.1-2)

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK.)	Kies- anteil [%]	Sand- anteil [%]	Schluff / Ton-anteil [%]	Bodenart	Geologische Einheit	Durchlässigkeits- beiwert
BK 2/20	5,0 - 6,0	72,7	24,6	2,6 / -	Fein- bis Grobkies, sandig	Schmelz- wasserkies	$k_f = 3,4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ $k_f = 7,2 \times 10^{-4} \text{ m/s}^*$
BK 3/20	4,0 - 5,0	69,1	18,8	9,3 / 2,8	Fein- bis Grobkies, sandig, schwach schluffig	Schmelz- wasserkies	$k_f = 4,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ $k_f = 8,8 \times 10^{-5} \text{ m/s}^*$
SG 4/20	0,7 - 1,2	46,6	32,4	16,1 / 4,9	Fein- bis Grobkies, stark sandig, schluffig	Verwitterungs- kies	$k_f = 3,7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ $k_f = 7,4 \times 10^{-7} \text{ m/s}^*$
SG 5/20	0,8 - 1,2	47,0	39,4	10,5 / 3,0	Fein- bis Grobkies, stark sandig, schwach schluffig	Verwitterungs- kies	$k_f = 6,1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ $k_f = 1,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^*$
SG 5/20	2,2 - 2,6	60,0	24,6	4,9 / -	Fein- bis Grobkies, sandig, schwach steinig	Schmelz- wasserkies	$k_f = 6,9 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ $k_f = 1,3 \times 10^{-3} \text{ m/s}^*$

* korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert nach DWA A-138

Die aus den **Schmelzwasserkiesen** untersuchten Bodenproben setzen sich entsprechend der granulometrischen Analyse aus einem sandigen bis stark sandigen und z.T. schwach schluffigen und schwach steinigen Fein- bis Grobkies zusammen.

Mit einem aus der Körnungslinie abgeleiteten korrigierten (Korrekturfaktor nach DWA A-138 von 0,2) Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 8,8 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ bis $k_f = 1,3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ist das Sediment, gemäß DIN 18130, als ein stark durchlässiger bis durchlässiger Boden zu bezeichnen.

Gemäß der durchgeführten Sieb- und Schlämmanalysen aus dem **Verwitterungskies** besteht dieser aus einem stark sandigen und schwach schluffigen bis schluffigen Fein- bis Grobkies, der einen korrigierten Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ und $k_f = 7,4 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ aufweist und somit als nur schwach durchlässig bis durchlässig einzustufen ist.

Glühverlust nach DIN 18128

Der Glühverlust eines Bodens ist der auf die Trockenmasse bezogene Massenverlust, den der Boden beim Glühen erleidet. Zur Ermittlung des organischen Anteils in den Kalktuffen, die in den gründungsrelevanten Tiefenbereichen anstehen, wurden gestörte Bodenproben aus dem Bohrgut der Bohrungen BK 1/20 und BK 3/20 aus dem oberflächlich anstehenden Mutterboden entnommen und im bodenmechanischen Labor der Fa. BauGrund Süd untersucht. Die einzelnen Parameter können im Detail der Anlage 4.6 entnommen werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Bestimmung des Glühverlustes sind in der Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Glühverlust der Bodenprobe aus der Kernbohrung BK 1/20 und BK 3/20

Aufschluss	Tiefe [m]	Glühverlust [%]	Einstufung nach DIN EN ISO 14 688-2
BK 1/20	0,0 - 0,20	10,34	mittel organisch
BK 3/20	0,00 - 0,65	6,38	mittel organisch

Wie aus der Tabelle 4 hervorgeht, liegt der Glühverlust der untersuchten Bodenproben aus der Mutterbodenaufgabe GOK bei 10,34 % und 6,38 %. Der Mutterboden ist daher nach DIN EN ISO 14 688-2 als mittel organisch einzustufen.

2.3 Bodenmechanische Feldversuche

Versickerungsfähigkeit

Um die Durchlässigkeit der anstehenden Böden im Feld zu untersuchen, wurde zusätzlich zu den Laborversuchen ein Sickerversuch im Baggerschurf im Bereich der geplanten Versickerungsanlage durchgeführt.

In den Anlagen 5 ist die Auswertung der durchgeführten Versickerungsversuche in der Schürfgrube SG 1/20 aufgeführt. Das Ergebnis ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche

Aufschluss	Versuchstiefe [m u. GOK]	Durchlässigkeit k_f -Wert Sickerversuch [m/s]	Bodenart
SG 1/20	1,20	$1,14 \times 10^{-4}$	Verwitterungskies

Bei den durchgeführten Sickerversuchen innerhalb der schluffigen und sandigen Verwitterungskiese am Standort der SG 1/20 in einer Tiefe von 1,2 m u. GOK wurde ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,14 \times 10^{-4}$ m/s ermittelt.

Nach DWA A-138 sind die im Feld bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte mit einem Faktor von 2,0 zu korrigieren. Demnach ergibt sich für den Verwitterungskies am untersuchten Standort ein **Bemessungs- k_f -Wert von $2,3 \times 10^{-4}$ m/s**.

2.3.1 Kurzzeitpumpversuch

In der Anlage 6 ist das Ergebnis des am 15.07.2020 in der zu einer 3“-Grundwasserbeobachtungsmessstelle ausgebauten Bohrung BK 2/20 durchgeführten Kurzzeit-Pumpversuchs dargestellt

Im Rahmen des ~~Pumpversuchs~~ wurde mit einer stufenweisen Erhöhung der Pumpförderate von 1,0 l/s, 1,5 l/s und 2,17 l/s über einen Zeitraum von **insgesamt 1 h 40 Minuten** eine maximale Absenkung von 0,56 m erreicht. Nach dem Beenden des Pumpvorgangs erfolgte ein sehr schneller Wiederanstieg des Grundwassers bis zum Ausgangswasserstand innerhalb von 40 Sekunden.

Der Wiederanstieg nach dem Pumpversuch erfolgte so rasch, dass der Durchlässigkeitsbeiwert nicht nach dem Verfahren von THEIS & JACOB ausgewertet werden kann. Somit erfolgte die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach THIEM.

Für die rechnerische Feststellung des Durchlässigkeitsbeiwertes (aus Einlochpumpversuchen bei freiem Aquifer) kann folgende abgewandelte Formel von Thiem (1906) verwendet werden:

$$k_f \left[\frac{m}{s} \right] = \frac{Q}{h' + \frac{\Delta s}{2}} * \Delta s$$

mit: Q = Entnahmemenge [m³/s]

Δs = Absenktiefe im Brunnen [m]

h' = Wassersäule über Brunnensohle vor Pumpbeginn [m]

Daraus ergibt sich folgender Durchlässigkeitsbeiwert:

$$k_f \left[\frac{m}{s} \right] = \frac{0,0027}{2,77 + \frac{0,56}{2}} * 0,03$$

$$k_f = 8,9 * 10^{-4} \text{ m/s}$$

Die daraus ermittelte Durchlässigkeit nach Thiem ergab für die anstehenden Schmelzwasserkiese einen **k_f - Wert von 8,9 x 10⁻⁴ m/s**

Diese sind nach der DIN 18130 daher **als durchlässiger Boden** einzustufen.

Nach Tabelle B.1 des Kommentars zum Arbeitsblatt DWA A-138 (August 2008) sind die Ergebnisse der Feldversuche mit einem Faktor von 2,0 zu korrigieren. Somit ergibt sich für den Schmelzwasserkies ein aus dem Pumpversuch bestimmter Durchlässigkeitsbeiwert von **k_f = 1,8 x 10⁻³ m/s** und bestätigt die aus der Kornverteilung und dem Sickerversuch resultierende Einstufung dieser Böden als stark durchlässiges bis durchlässiges Substrat.

2.4 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

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

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ_k [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ_k' [kN/m ³]	Reib.-winkel dräniert ϕ_k' [°]	Kohäsion dräniert c_k' [kN/m ²]	Steifemodul Es [MN/m ²]
Mutterboden	15 - 16	5 - 6	17,5 - 20,0	0,5 - 1	1 - 2
Verwitterungsdecke (Schluff)	17 - 18	7 - 8	22,5 - 27,5	2 - 4	4 - 8
Verwitterungsdecke (Kies/Sand)	18 - 20	8 - 10	30,0 - 32,5	0 - 2*	20 - 40
Schmelzwasserkies/ - sand	19 - 21	9 - 11	32,5 - 35,0	0 - 2*	50 - 70

* scheinbare Kohäsion

Entsprechend der derzeit gültigen Normen 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 Oberboden bzw. aufgefüllte Oberboden wird in der nachfolgenden Unterteilung der Homogenbereiche nicht erfasst bzw. berücksichtigt. Zwar wird der Oberboden in der DIN 18 320 als eigenständiger Homogenbereich bezeichnet, aber in den folgenden Ausführungen nicht mit aufgenommen, da der vorliegende geotechnische Bericht sich auf die geotechnischen und nicht bodenkundlichen Fragestellungen zum Bauvorhaben bezieht.

Eine Bewertung / Einstufung des Oberbodens selbst erfolgt neben der DIN 18320 unter Berücksichtigung bodenkundlicher Aspekte nach DIN 18 195 und DIN 19639 (Entwurf). Sofern seitens der Fachbehörde bodenkundliche Angaben im Sinne eines Bodenschutzkonzeptes gewünscht werden, können diese im Zuge weiterer bodenkundlicher Erkundungen durch die Fa. Baugrund Süd ausgearbeitet werden.

Auf der Basis der vorliegenden Baugrundaufschlussresultate, den zum Baugrund vorliegenden Erfahrungswerten sowie aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der anstehenden Baugrundsichten wird vorgeschlagen, die im Bauareal anstehenden Böden in folgende **Homogenbereiche** zu unterteilen.

Tabelle 7: Einteilung der Baugrundabfolge in Homogenbereiche:

Homogenbereich	Baugrundsichten
A1	Verwitterungsdecke, Schluff (VL)
A2	Verwitterungsdecke, Kies/Sand (VG/VS)
B	Schmelzwasserkies/-sand (SG)

Gemäß DIN 18300:2015-08 (VOB/C 2015) können für die oben beschriebenen Homogenbereiche folgende Eigenschaften und Kennwerte zugrunde gelegt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass die kommenden Bauvorhaben der **Geotechnischen Kategorie 1 (GK1)** zuzuordnen sind.

Tabelle 8: Kennwerte /Eigenschaften der Homogenbereiche nach DIN 18300:2016-09, für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 1 (GK 1)

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereich		
	A1	A2	B
Massenanteil Steine [%]	0 - 10	0 - 20	0 - 25
Massenanteil Blöcke [%]	0 - 1	0 - 2	0 - 2
Massenanteil große Blöcke [%]	0 - 1	0 - 1	0 - 1
Konsistenz	weich, weich - steif	-	
Plastizität [%]	4 - 30		
Lagerungsdichte	-	locker - mitteldicht	mitteldicht, überwiegend dicht - sehr dicht
Bodengruppe [DIN 18196]	UL/UM, UL/SU*, UL/GU*, UL	GU*, GU, GU/GU*, GW/GU, GU*/X, GU/X, SE/SU, SU*	GW, GW/X, GW/GU/X, GU/X, GW/GU, SU/SW
Frostempfindlichkeit [ZTV E-StB 09; Tab.1]	F3	F2-F3	F1-F2
Ortsübliche Bezeichnung	VL	VG/VS	SG/SS

3 Georisiken

3.1 Seismische Aktivität

Entsprechend der „Karte der Erdbebenzonen in Deutschland, DIN EN 1998-1/NA:2011-01“ befindet sich das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 0 (Gebiet, in dem gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus rechnerisch Intensitäten von 6 bis < 6,5 zu erwarten sind).

Gemäß der „Karte der geologischen Untergrundklassen in Deutschland, DIN 4149:2005-04“ liegt das Untersuchungsgebiet in der Untergrundklasse S (Gebiet mit tiefen Beckenstrukturen und mächtiger Sedimentfüllung).

Nach DIN EN 1998-1/NA:2012-08, Abs. 5.2.3 Baugrundklassen, ist bei einer Gründung in der Verwitterungsdecke und den Schmelzwassersedimenten die Baugrundklasse C (feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz bzw. grobkörnige Lockergesteine in mindestens mitteldichter Lagerung) zu Grunde zu legen.

4 Hydrogeologie

4.1 Grundwasserverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Baugrundaufschlussarbeiten am 30.06. und 01.07.2020 wurde in den abgeteuften Rammkernbohrungen ein Zulauf von Wasser beobachtet. In den Baggerschürfen war aufgrund der geringeren Aufschlusstiefe kein Wasserzutritt zu sehen. Eine Messung des Wasserspiegels in den Rammsondierungen war dagegen nicht möglich, da das Sondierloch unmittelbar nach dem Ziehen des Sondiergestänges zusammenfiel. Die während der Erkundungsarbeiten aufgenommenen Wasserstände sind in der nachfolgenden Tabelle 9 zusammengefasst:

Tabelle 9: Gemessene Wasserspiegel in den Rammkernbohrungen BK 1-3/20 am 30.06.2020 und 01.07.2020

Bohrung	Wasser angetroffen = Wasserstand nach Bohrende	
	m u. GOK	m ü. NN
BK 1/20	5,40	636,16
BK 2/20	5,15	636,28
BK 3/20	5,20	636,21

Während der Bohrarbeiten wurde ein einheitlicher Wasserzulauf in einer Tiefe zwischen 5,40 m und 5,15 m u. GOK aus den Schmelzwasserkiesen beobachtet. Die feinkornarmen Schmelzwassersedimente stellen somit einen flächig anstehenden wasserführenden Porenwasserleiter dar.

AZ 20 02 060, Erschließung BG Wittum Diepoldshofen, in 88299 Leutkirch

Aufgrund der schwankenden Schluff- und Sandgehalte der aufliegenden verwitterten Sedimente ist innerhalb der Verwitterungsdecke vor allem nach Niederschlägen und Schneeschmelze mit einem Einstau von Sickerwasser (Schichtenwasser) zu rechnen.

Angaben zu den natürlichen Grundwasserschwankungsbereichen im Untersuchungsgebiet liegen dem Unterzeichner derzeit nicht vor. Die in der Tabelle 9 zusammengefassten Messwerte stellen eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten dar. Somit ist im Untersuchungsgebiet auch mit deutlich höheren Wasserständen zu rechnen.

Vorbehaltlich weiterer Messungen wird ein Sicherheitszuschlag von 1,3 m angenommen, so dass der Bemessungswasserstand nach den derzeitigen Kenntnissen auf einer Höhenkote von 637,6 m ü. NHN anzusetzen ist.

Zur Verifizierung des angenommenen Grundwasserschwankungsbereichs kann in der zur Grundwasserbeobachtungsmessstelle ausgebauten Bohrung BK 2/20 auf Wunsch ein Grundwassermonitoring ausgeführt werden, bei dem mittels Datenloggern eine lückenlose Aufzeichnung der Wasserstände möglich ist. Als Untersuchungszeitraum für eine solche Messkampagne wird die Dauer von einem Jahr empfohlen. Diese Untersuchungen können auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

4.2 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 $k_f = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und $k_f = 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 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 $k_f < 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ist eine Regenwasserbeseitigung über eine Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abgeleitet werden müssen.

Wie aus den Labor- und Feldversuchen (siehe Abschnitt 3.2 und 3.3) hervorgeht, wurden für die anstehenden Verwitterungskiese je nach Bestimmungsmethode und Kornzusammensetzung korrigierte Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von $k_f = 7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, $k_f = 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (Kornverteilung) und $k_f = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (Sickerversuch) ermittelt.

AZ 20 02 060, Erschließung BG Wittum Diepoldshofen, in 88299 Leutkirch

Für die Schmelzwasserkiese ergibt sich aus den Kornverteilungen ein gemittelter korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 7 \times 10^{-4}$ m/s. Aus dem durchgeführten Kurzzeitpumpversuch resultiert ein korrigierter Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,8 \times 10^{-3}$ m/s.

Die ermittelte Sickerfähigkeit der anstehenden Sedimente (Verwitterungskies und Schmelzwasserkiese) sowie die hydrologische Situation im Untersuchungsgebiet (Abstand zum Grundwasser) halten somit insgesamt die Vorgaben der DWA A-138 für eine wirksame Versickerung von Niederschlagswasser im Untersuchungsgebiet ein.

Es ist bei der Errichtung einer Versickerungsanlage darauf zu achten, die aufliegenden Verwitterungslehme vollständig zu durchstoßen bzw. mittels eines Bodenaustauschs mit einem sickerfähigen Material eine hydraulische Verbindung zwischen dem Sickersubstrat (Verwitterungskies/ Schmelzwasserkies) und der Versickerungsoberfläche herzustellen.

Die Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser ist grundsätzlich mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

5 Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen

5.1 Baumaßnahme

Die Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu beabsichtigt die Erschließung des Baugebietes Wittum im Ortsteil Diepoldshofen.

Angaben zur Gründungstiefe bzw. zu den durch die Bauwerke in den Untergrund abzutragenden Lasten liegen derzeit nicht vor, sodass im Folgenden auf die allgemeinen geotechnischen Aspekte im Hinblick auf die Bebaubarkeit des Erschließungsgebietes eingegangen wird.

Da für das geplante Wohngebiet noch keine genaueren Entwurfspläne vorliegen, wird im Folgenden allgemein auf die geotechnischen Belange der Baugebieterschließung und dessen Bebaubarkeit eingegangen.

Es wird empfohlen, ergänzende standort- und objektspezifische Baugrunduntersuchungen an den einzelnen Bauplätzen durchzuführen.

5.2 Baugrundkriterien

Wie das zum Bauvorhaben entwickelte Baugrundmodell in den Anlagen 2.1-4 zeigt, wird das geplante Baugebiet zunächst oberflächlich von verwitterten Sedimenten eingenommen, die sich aus einem aufliegenden Lehmhorizont mit überwiegend weicher Konsistenz sowie einem bis in eine Tiefe von maximal 2,9 m u. GOK reichenden kiesig und sandig geprägten Verwitterungshorizont zusammensetzen.

Der Verwitterungslehm ist aufgrund der meist weichen Konsistenz der bindigen Bestandteile nur als gering bis mäßig tragfähig zu bewerten und somit als Gründungshorizont nur begrenzt geeignet. Die Verwitterungskiese und -sande stellen in Abhängigkeit ihres Feinkornanteils mit ihrer lockeren bis mitteldichten Lagerungsdichte einen mäßig tragfähigen Untergrund im Untersuchungsgebiet dar.

Gut tragfähiges Substrat steht im Untersuchungsgebiet mit den überwiegend dicht bis sehr dicht gelagerten Schmelzwassersedimenten an, die auch zum Abtrag höherer Bauwerkslasten geeignet sind.

5.3 Wohnbebauung / Gründungsempfehlung

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

Bauwerk ohne Unterkellerung

Wie aus dem geotechnischen Baugrundschnitt der Anlagen 2.1-4 ersichtlich ist, kommen Bauwerke ohne Unterkellerung nach Abtrag des Oberbodens überwiegend im nur gering bis mäßig tragfähigen Verwitterungslehm zu liegen.

Vor dem Hintergrund der erkundeten Baugrundverhältnisse wird für ebenerdige Bauwerke daher eine Flächengründung auf einer **elastisch gebetteten Bodenplatte** empfohlen.

Dabei ist die Bodenplatte auf einem lastverteilenden Polster mit einer Mindestmächtigkeit von $d_{\min} \geq 1,00 \text{ m}$ abzusetzen. Sollten in der Aushubsohle bereits die Verwitterungskiese anstehen kann die Schichtstärke des Bodenersatzkörpers auf $d_{\min} \geq 0,60 \text{ m}$ reduziert werden. Sofern der Bodenersatzkörper auf $< 1,0 \text{ m}$ reduziert wird, ist eine frostfreie Gründung (mit einer Frostschräge) sicherzustellen.

Als **Bodenersatzkörper** ist ein hochverdichtbarer Kies (z.B. FSK 0/45) mit einem Schluffanteil 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) zu unterlegende Gründungspolster ist lagenweise einzubauen ($d_{\max} = 0,3 \text{ m}$) und auf 100 % einfache Proctordichte zu verdichten.

Der Nachweis des fachgerechten Einbaus des Bodenersatzkörpers ist anhand von statischen Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134 nachzuweisen (Anforderung: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, Verhältnisswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$). Diese Leistung kann von der Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

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

$$k_s = 4 - 8 \text{ MN/m}^3$$

angenommen werden.

Da der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen, der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt, wird empfohlen, anhand des tatsächlichen Bettungsmodulverlauf sowie das Gesamtverformungsverhalten der Neubau nach Vorlage von Lastenplänen und Ausführungsplänen anhand einer detaillierten Setzungsberechnung zu ermitteln. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd ausgeführt werden.

Alternativ zum Bodenaustausch kann eine Konditionierung der anstehenden bindigen Sedimente erfolgen. Als Bindemittel kann ein Kalk-Zement-Gemisch verwendet werden. Die Bodenverbesserung sollte dabei zweilagig mit einer Frästiefe von max. $0,40 \text{ m}$ erfolgen. Der Verdichtungserfolg ist im Anschluss auf OK der zweiten Lage mittels Lastplattendruckversuchen (Anforderung: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$) zu überprüfen.

Vorbehaltlich ergänzender bodenmechanischer Untersuchungen kann im Rahmen einer ersten Kostenschätzung von einem Mischbindemittel Dorosol C30, mit einer Zugabemenge von 2 - 8 Gew.-%, ausgegangen werden. Das Bindemittel und dessen Zugabemenge sind im Vorfeld anhand von Laborversuchen oder Feldversuchen an mehreren Probefeldern zu ermitteln.

Auf den Probefeldern erfolgt dann die Tragfähigkeitsprüfung über statische Lastplattendruckversuche nach DIN 18134. Diese Maßnahme ist durch die Firma BauGrund Süd geotechnisch zu begleiten.

Bei der empfohlenen Bindemittelmenge kann bei zu geringem Wassergehalt ein Befeuchten des zu verbessernden Bodenmaterials nicht gänzlich ausgeschlossen werden, da der natürliche Wassergehalt des anstehenden Baugrundes einem gewissen Schwankungsbereich unterliegt. Bei starken Niederschlägen kann ggf. eventuell sogar eine Erhöhung der Bindemittelmenge erforderlich werden.

Bauwerk mit Unterkellerung

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen kommen die Bauwerke mit Unterkellerung bzw. deren Aushubsohle, die in einer Tiefe von ca. 3,0 m u. GOK angenommen wird, vollständig in den tragfähigen Schmelzwassersedimenten zu liegen.

Für die unterkellerten Wohnhäuser wird daher ebenfalls eine Gründung auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte empfohlen. Die Bodenplatte kann dabei auf den ausreichend nachverdichteten Schmelzwasserkiesen abgesetzt werden. Der Nachweis einer ausreichenden Nachverdichtung ist mittels statischer Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zu erbringen (Anforderung: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$)

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

$$k_s = 15 - 20 \text{ MN/m}^3$$

angenommen werden.

Da der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen, der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt, wird empfohlen, anhand des tatsächlichen Bettungsmodulverlauf sowie das Gesamtverformungsverhalten der Neubau nach Vorlage von Lastenplänen und Ausführungsplänen anhand einer detaillierten Setzungsberechnung zu ermitteln. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd ausgeführt werden.

Es wird empfohlen die Gründungsebenen von Unterzeichner geologisch abnehmen zu lassen.

5.4 Baugrube

Nach derzeitigem Kenntnisstand wird für unterkellerte Bauwerke ein Geländeeinschnitt von rd. 3,00 m notwendig. Es wird davon ausgegangen, dass die Platzverhältnisse eine frei geböschte Baugrube zulassen, welche in den anstehenden wasserfreien Böden (Verwitterungsdecke und Schmelzwasserkiese) unter 1:1 (45°) angelegt werden dürfen.

AZ 20 02 060, Erschließung BG Wittum Diepoldshofen, in 88299 Leutkirch

Ist ein Geländeeinschnitt von > 3,0 m erforderlich, wird empfohlen, nach 3,0 m Höhe eine Berme von 1,5 m Breite anzuordnen. Geböschte Baugruben mit mehr als 5,0 m Tiefe müssen in ihrer Standsicherheit dagegen rechnerisch nachgewiesen werden. Dies gilt auch für den Fall, sofern die Böschungen steiler als wie angegeben ausgeführt werden sollen.

Die Böschungen sind umgehend nach Freilegung mit Baufolien, die windfest angebracht werden müssen, abzudecken.

An den Böschungsschultern ist ein lastfreier Schutzstreifen von mindestens 1,0 m Breite vorzusehen. Schichtwasseraustritte sind mit Stützscheiben aus Einkornbeton zu fassen und fachgerecht abzuleiten. Das anfallende Schicht- und Niederschlagswasser ist über einen Drainagegraben bzw. über Pumpensümpfe zu fassen.

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

Sollten die Platzverhältnisse eine frei geböschte Baugrube nicht gestatten, ist diese im Schutze eines Verbausystems (Trägerbohlwandverbau) auszuheben. Der Verbau ist statisch nachzuweisen.

Freigelegte Sohlflächen auf bindigen Böden sind unmittelbar nach Erreichen des Aushubsollniveaus und Abschluss der ggf. erforderlichen Nachverdichtung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse abzudecken bzw. mit einer Sauberkeitsschicht aus Magerbeton zu belegen.

5.5 Trockenhaltung von Bauwerken

Für Bauwerke sowohl ohne und mit Unterkellerung reicht es nach den vorliegenden Erkundungsergebnisse aus, die in das Erdreich einbindenden Gebäudeteile nach DIN 18533-1:2017-07 **Wassereinwirkklasse W 1.2-E** (entsprechen ca. der früheren Abdichtung der DIN 18195 Teil 4) in Kombination mit einer dauerhaft funktionsfähigen Drainage abzudichten. Eine sachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten vor den zu schützenden Bauteilen, funktionsfähige, fluchtgerecht erlegte formstabile Dränleitungen, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in einen zuverlässigen Vorfluter oder das öffentliche Kanalsystem.

Sollte einer Drainage behördlich nicht zugestimmt werden, sind unterkellerte Bauwerke in die **Wassereinwirkklasse W 2** einzustufen und die in das Erdreich einbindenden Bauwerkteile daher gegen drückendes Wasser abzudichten (siehe DIN 18355-1:2017-07). Alternativ kann das Bauwerk in diesen Fällen auch in WU-Bauweise (Prinzip „Weiße Wanne“) hergestellt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass kein Sickerwasser (z.B. über Betonplomben o.ä.) über den Arbeitsraum in den Bodenersatzkörper eindringen kann, um langfristige Aufweichungsprozesse unterhalb des Kieskoffers und daraus folgende Setzungen zu vermeiden.

5.6 Kanalbau

Bezüglich der Kanalsohle wird derzeit von einer Verlegetiefe des Schmutzwasser- und Abwasserkanals von maximal 4,0 m u. GOK ausgegangen.

Somit kommt die Rohrbettung in den tragfähigen Schmelzwasserkiesen zu liegen.

Grundsätzlich ist bei der geplanten Kanalneuverlegung eine geböschte Bauweise möglich. Die Böschungen können, sofern es die Platzverhältnisse erlauben, in den anstehenden Böden unter 1 : 1 angelegt werden.

Ab einer Baugrubentiefe von 3,0 m sind Bermen mit einer Breite von 1,5 m einzufügen. Für Böschungshöhen ab 5,0 m ist eine Standsicherheitsberechnung durchzuführen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

Sofern ein senkrechter Verbau vorgesehen ist, bietet sich im vorliegenden Fall weitestgehend die Verwendung von großflächigen Verbauplatten, eines Kammerdielenverbaus oder eines Gleitschienenverbaus an. Die oberflächlich anstehenden lehmig geprägten Böden sollten kurzfristig standfest bleiben, um einen entsprechenden Verbau einzubringen. Die darunter folgenden Verwitterungskies und Schmelzwasserkiese weisen dagegen keine ausreichende Standfestigkeit auf. Die Verbauelemente sind in diesem Tiefenbereich im Absenkverfahren einzubringen.

Zur Trockenhaltung des Grabens wird nach den festgestellten hydrologischen Verhältnissen eine offene Wasserhaltung für ausreichend befunden.

Die Grubensohle ist mit einem Glattlöffel abzuziehen und bei Erfordernis anstelle einer dynamischen Verdichtung nur statisch mit der erforderlichen Umsicht nach zu verdichten.

Die Rohrleitungen bzw. das Rohraufleger kann direkt in den Schmelzwasserkiesen gegründet werden.

Die Qualität der Gründungsschicht ist im Zweifelsfalle durch Hinzuziehen des Gutachters vor Ort zu ermitteln.

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 während der Bauausführung zu prüfen und nachzuweisen (dynamische oder statische Plattendruckversuche / leichte Rammsondierungen).

AZ 20 02 060, Erschließung BG Wittum Diepoldshofen, in 88299 Leutkirch

Zur Verfüllung des Rohrgrabens sind die lehmigen Böden nicht geeignet, da diese nicht ausreichend verdichtbar (V3) sind. Als Ersatz- und Verfüllmaterial kann jedes verdichtbare Mineralgemisch, wie z.B. Sand-Kies oder Sand-Splitt-Schotter-Gemisch, wie auch ein güteüberwachtes Recyclingmaterial eingebaut werden.

Evtl. kann auch eine Kalk-Zement-Stabilisierung der bindigen Verwitterungsdecke in Betracht gezogen werden. Dies ist anhand einer Eignungsprüfung zu verifizieren. Die feinkornarmen Schmelzwassersedimente sind hingegen ohne weitere Verbesserungsmaßnahmen als Grabenverfüllung geeignet.

Für die Gründung der Schachtbauwerke ist entsprechend zu verfahren.

5.7 Straßenbau

Da derzeit noch keine Angaben oder Planungsunterlagen zu den geplanten Erschließungsmaßnahmen vorliegen, wird davon ausgegangen, dass die geplanten Zufahrtsstraßen zum Baugebiet auf etwa der Höhe der derzeitigen Geländeoberkante angeordnet werden. Für die Herstellung des Straßenaufbaues wird die RStO 12 zu Grunde gelegt.

Gemäß der RStO 12 (2012) sind die geplanten Verkehrsfläche der Belastungsklasse 1,0 zugeordnet. Die Verwitterungslehme sind in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 einzustufen, sodass der frostsichere Oberbau ohne Zu- und Abschlüge mindestens 0,60 m betragen muss (RStO 12 (2012), Tabelle 6). Nach Bild 6 der RStO 12 (2012) 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 (2012), Tabelle 7). Demnach ist für die geplanten Verkehrsflächen ein frostsicherer Oberbau von **mindestens 0,65 m** Dicke vorzusehen. Nach den getroffenen Annahmen in Bezug auf das Niveau der Verkehrsoberfläche kommt das Erdplanum in den Verwitterungslehmen und den Verwitterungskiesen zu liegen.

Da ein geforderter Verformungsmodul ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) für die Aufstandsebene des frostsicheren Aufbaus (Erdplanum) in den verwitterten Sedimenten erfahrungsgemäß nicht erreicht wird, ist eine Bodenverbesserung mittels Bodenaustausch durchzuführen. Dabei sind die im Aushubplanum des frostsicheren Aufbaus anstehenden verwitterten Böden über eine Mächtigkeit von **mind. 0,40 m** gegen ein Kies-Sand-Gemisch mit max. 5 % Schluffanteil (z.B. FSK 0/45) auszutauschen. Der Kieskörper ist zur Stabilisierung und aufgrund der auftretenden organischen Beimengungen innerhalb der Tuffsandte mit einem Vlies beaufschlagten Geotextil vom anstehenden Untergrund zu trennen. Der Kieskörper ist mit dem Gewebe einzufassen, schichtweise in Schüttlagen von 0,30 m einzubringen und zu verdichten.

Sollte in den Verwitterungskiesen nach intensiver Nachverdichtung bereits ein $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ mittels statischen Lastplattendruckversuchen nachgewiesen werden können, kann auf einen Bodenaustausch verzichtet werden.

Auf dem so verbesserten Erdplanum (Bodenersatzkörper, Nachverdichtung der Kiese) kann nach dem Nachweis des geforderten Verformungsmoduls von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, dann im Anschluss der eigentliche frostsichere Straßenaufbau gemäß der RStO 12 erfolgen.

Die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen sind nachzuweisen und zu dokumentieren. Die erforderlichen geotechnischen Verdichtungs- und Kontrollprüfungen können durch die Fa. BauGrund Süd erbracht werden.

6 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. 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. Gegebenenfalls sind weitere Aufschlüsse bzw. Berechnungen erforderlich, um die bisherigen geotechnischen Angaben und Empfehlungen dem aktuellen Planungsstand bzw. der Ausführungsplanung gegenüber bestätigen zu können.

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

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

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



Alois Jäger
Geschäftsführer



Kathrin Weiß
M.Sc.-Geol.

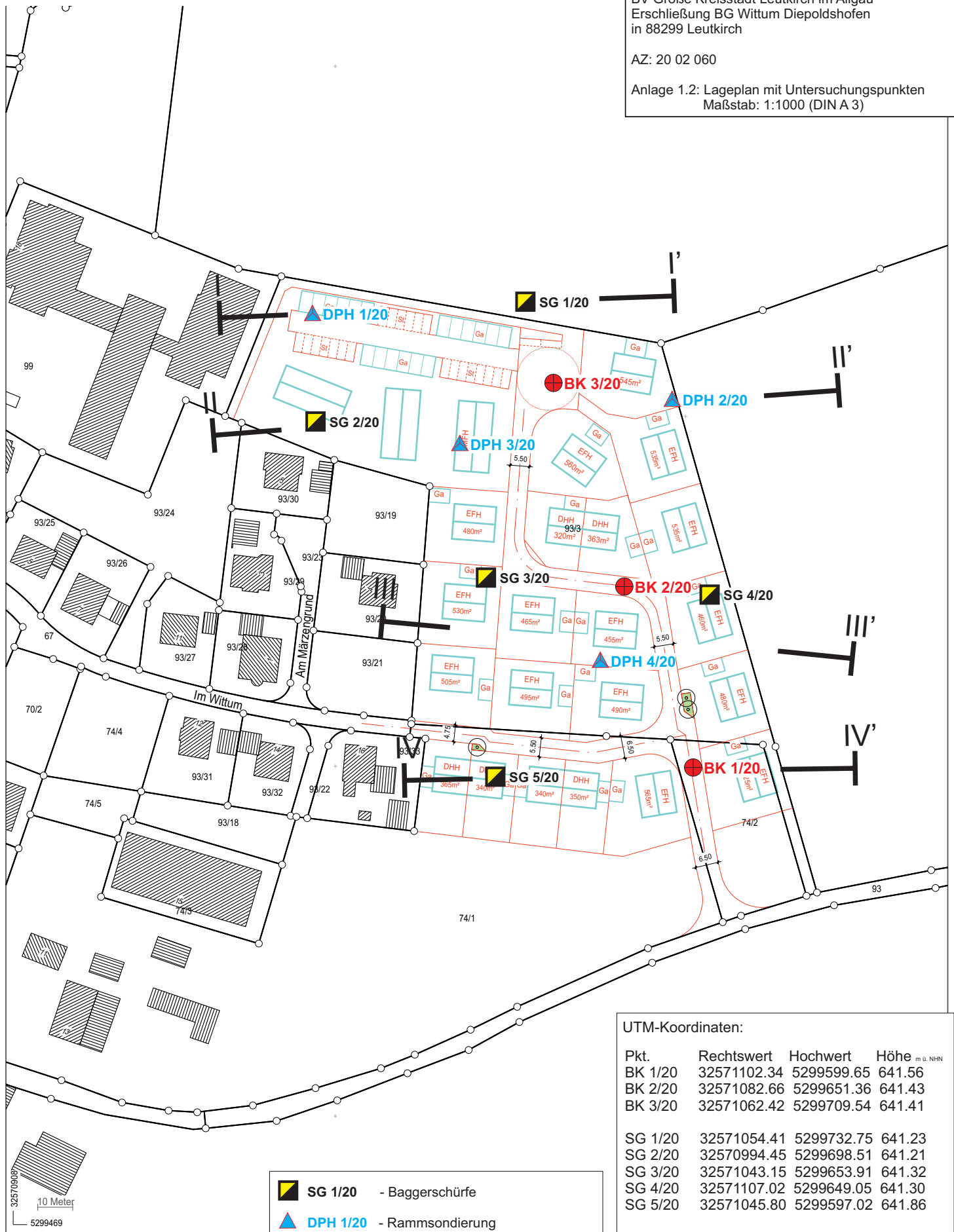
BV Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu
Erschließung BG Wittum Diepoldshofen
in 88299 Leutkirch

AZ: 20 02 060

Anlage 1.1: Übersichtslageplan
Maßstab: unmaßstäblich



 Untersuchungsgebiet

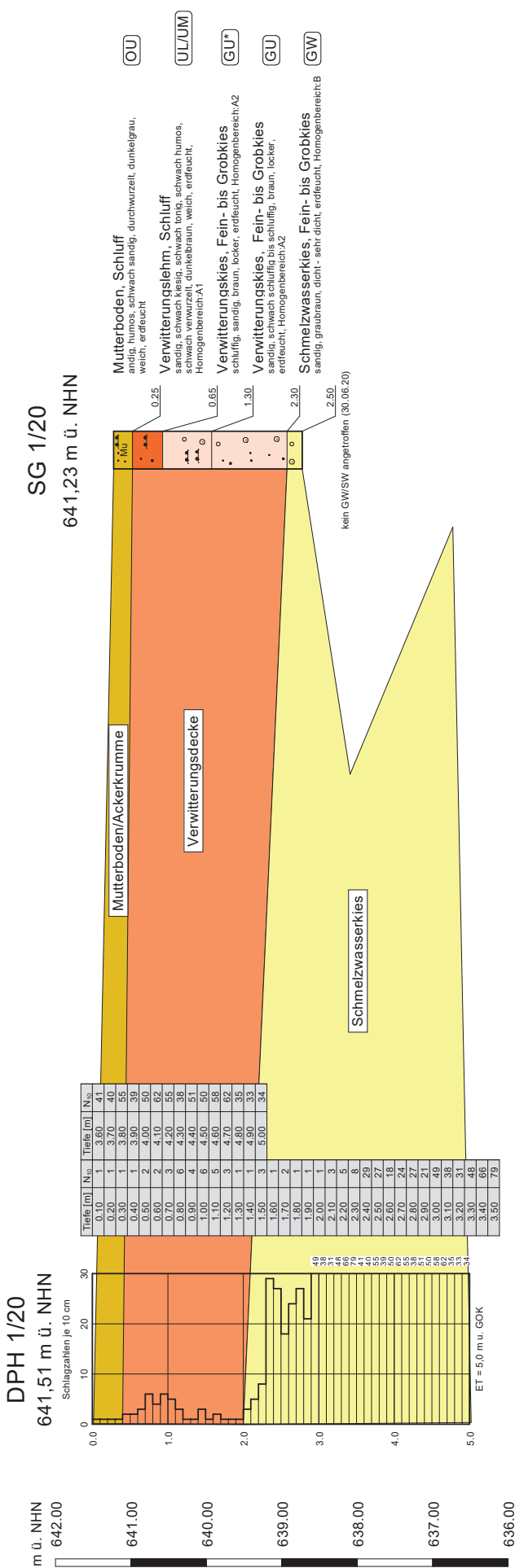


UTM-Koordinaten:

Pkt.	Rechtswert	Hochwert	Höhe m ü. NN
BK 1/20	32571102.34	5299599.65	641.56
BK 2/20	32571082.66	5299651.36	641.43
BK 3/20	32571062.42	5299709.54	641.41
SG 1/20	32571054.41	5299732.75	641.23
SG 2/20	32570994.45	5299698.51	641.21
SG 3/20	32571043.15	5299653.91	641.32
SG 4/20	32571107.02	5299649.05	641.30
SG 5/20	32571045.80	5299597.02	641.86
DPH 1/20	32570993.59	5299729.51	641.51
DPH 2/20	32571096.35	5299705.03	641.11
DPH 3/20	32571035.71	5299692.38	641.44
DPH 4/20	32571075.84	5299630.42	641.49

Geotechnischer Baugrundschnitt I - I'

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich



Legende

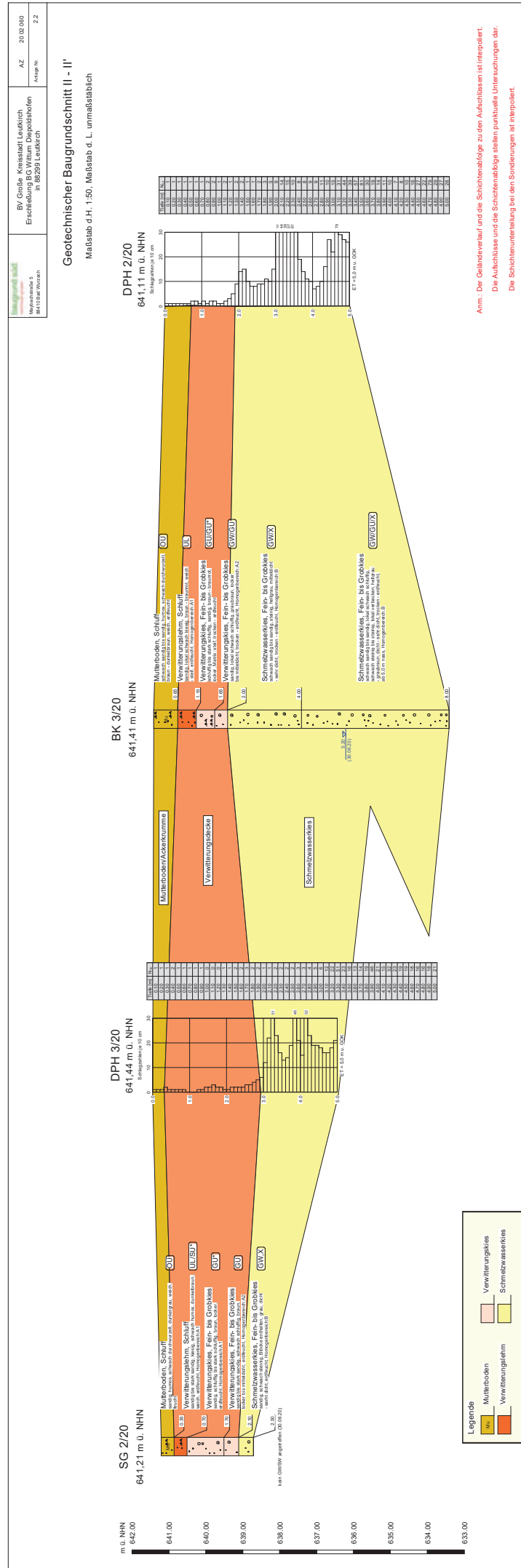
Mutterboden

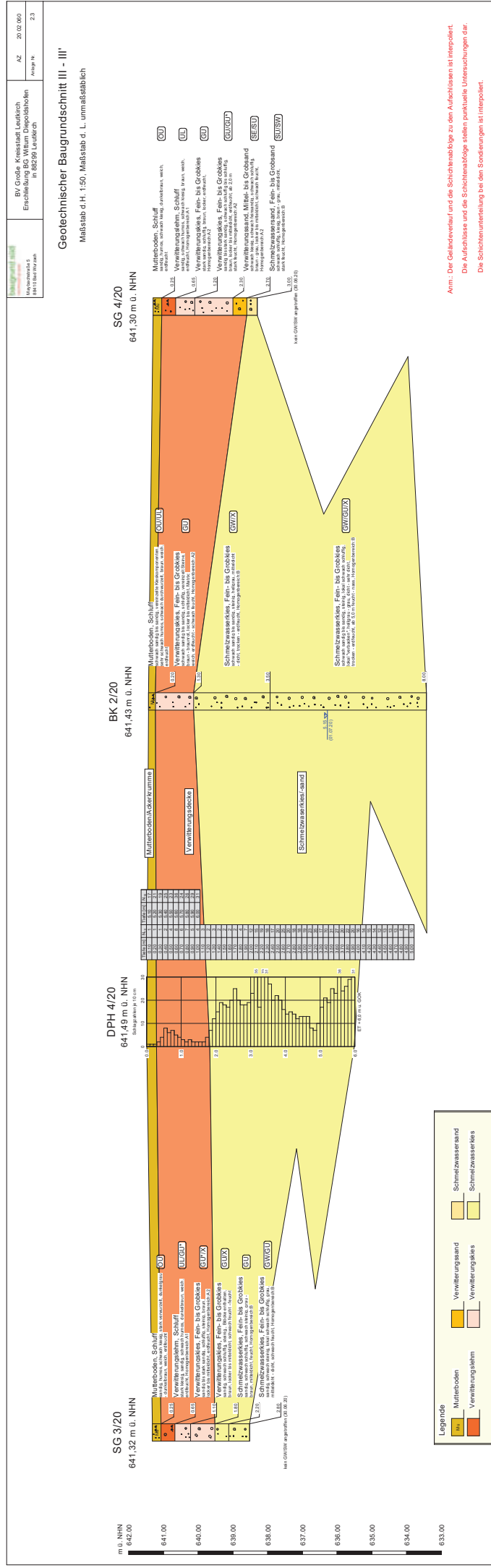
Verwitterungskies

Verwitterungslehm

Schmelzwasserkies

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.





Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.

Geotechnischer Baugrundschnitt IV - IV'

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich

SG 5/20

641,86 m ü. NHN

BK 1/20

641,56 m ü. NHN

m ü. NHN

642.00

641.00

640.00

639.00

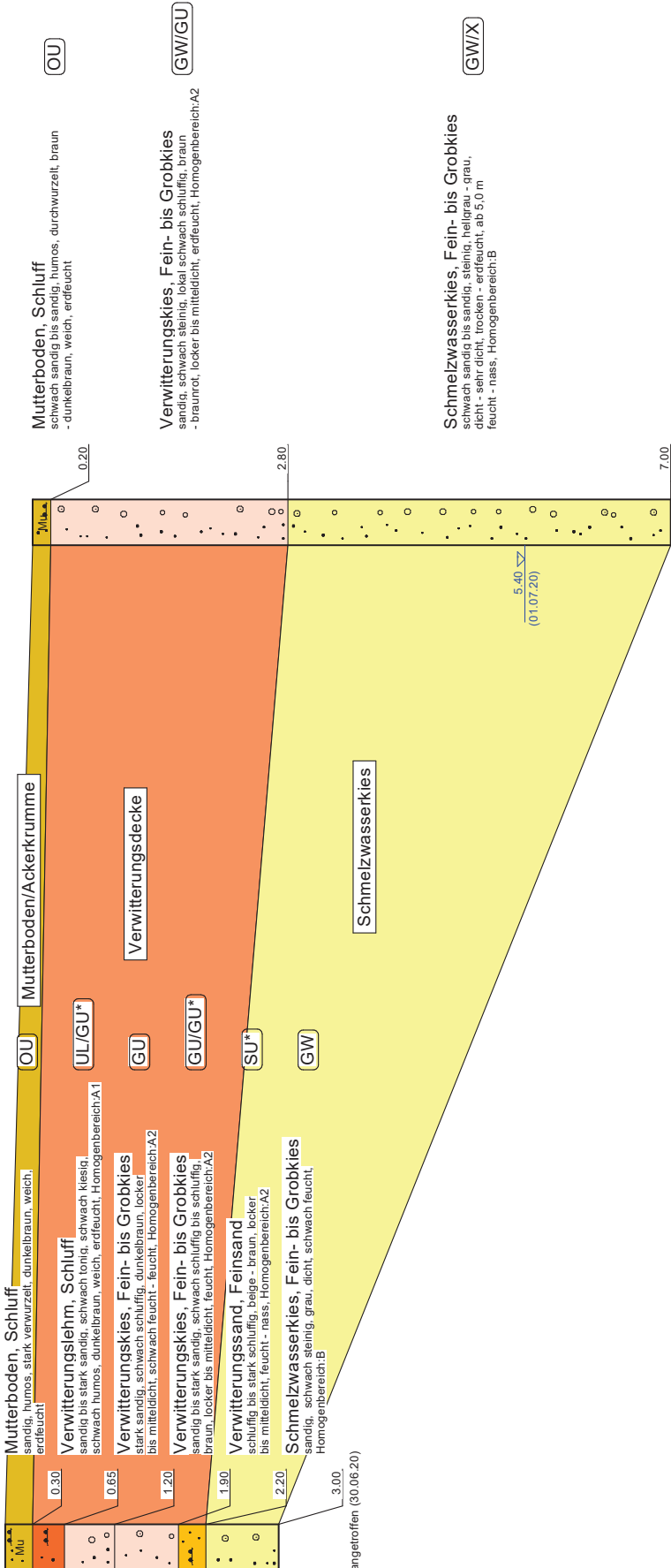
638.00

637.00

636.00

635.00

634.00



Legende

Mu Mutterboden

Verwitterungssand

Schmelzwasserkies

Verwitterungslehm

Verwitterungskies

Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.

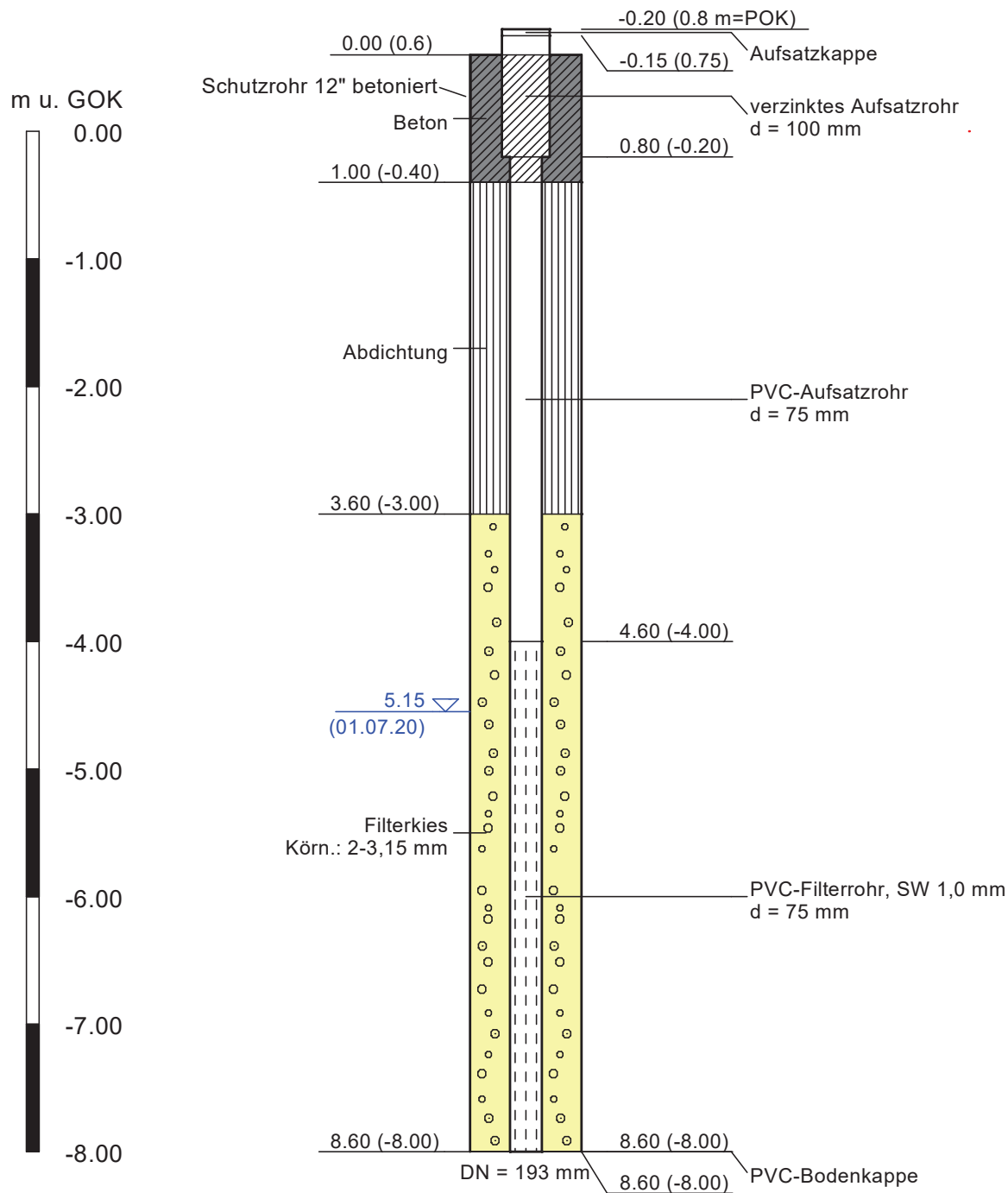
Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.

Die Schichtenunterteilung bei den Sondierungen ist interpoliert.

Messstellenausbau

Maßstab d.H. 1:50

BK 2/20-Pegel 3"



BK 1/20: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



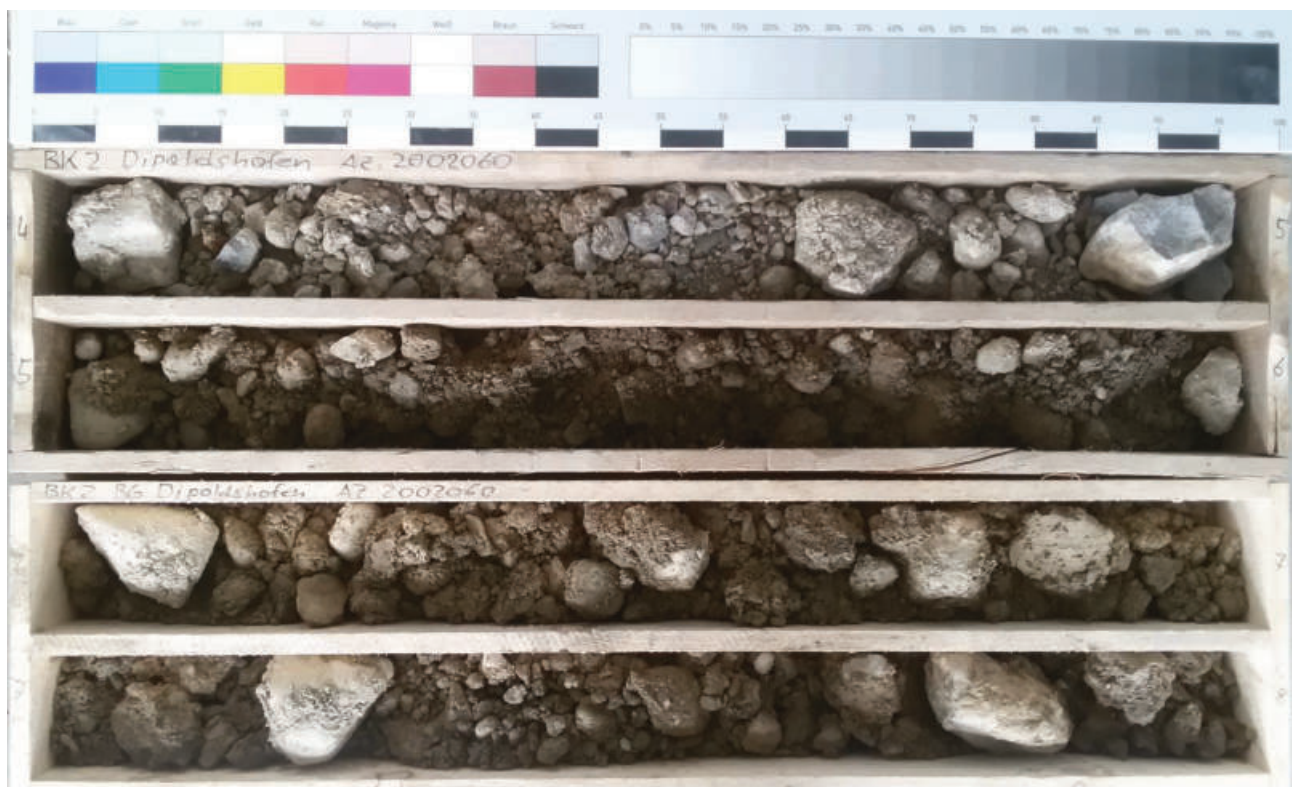
BK 1/20: 4,0 bis 7,0 m u. GOK



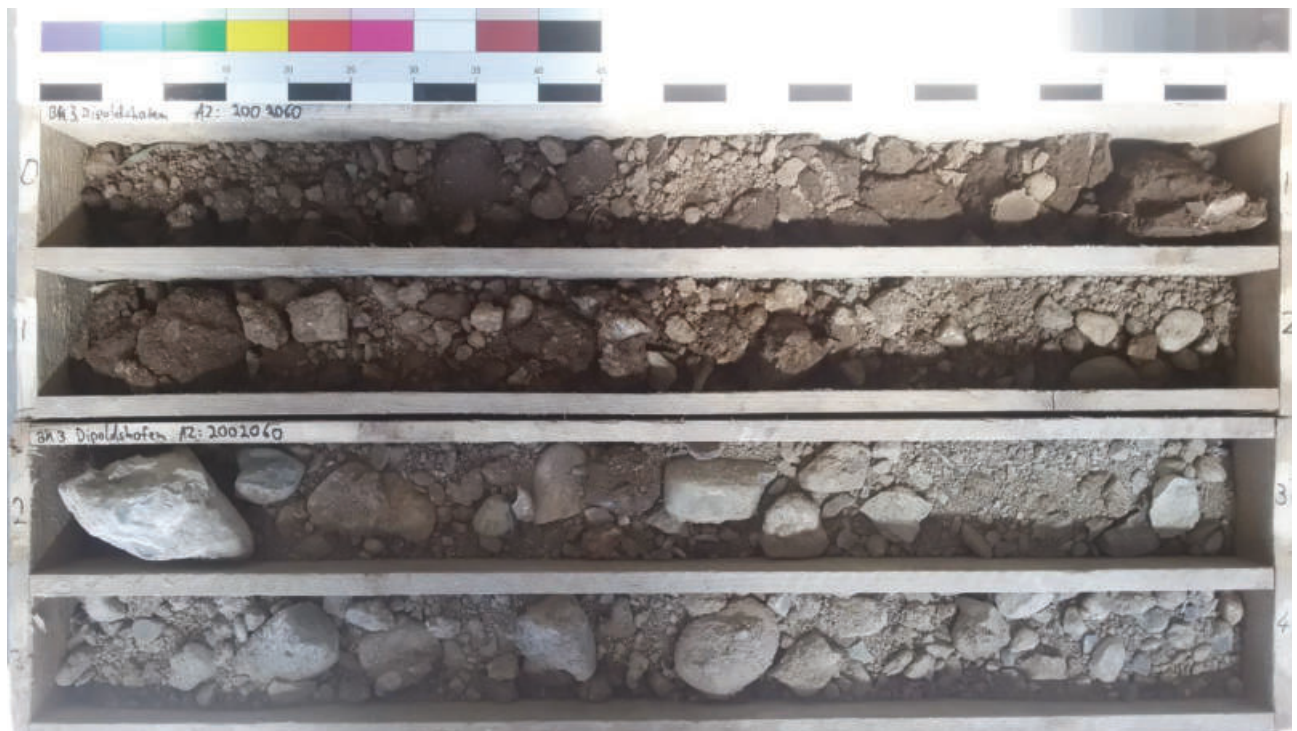
BK 2/20: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



BK 2/20: 4,0 bis 8,0 m u. GOK



BK 3/20: 0,0 bis 4,0 m u. GOK



BK 3/20: 4,0 bis 8,0 m u. GOK



SG 1/20: 0,0 bis 2,5 m u. GOK



SG 2/20: 0,0 bis 2,5 m u. GOK



SG 3/20: 0,0 bis 2,8 m u. GOK

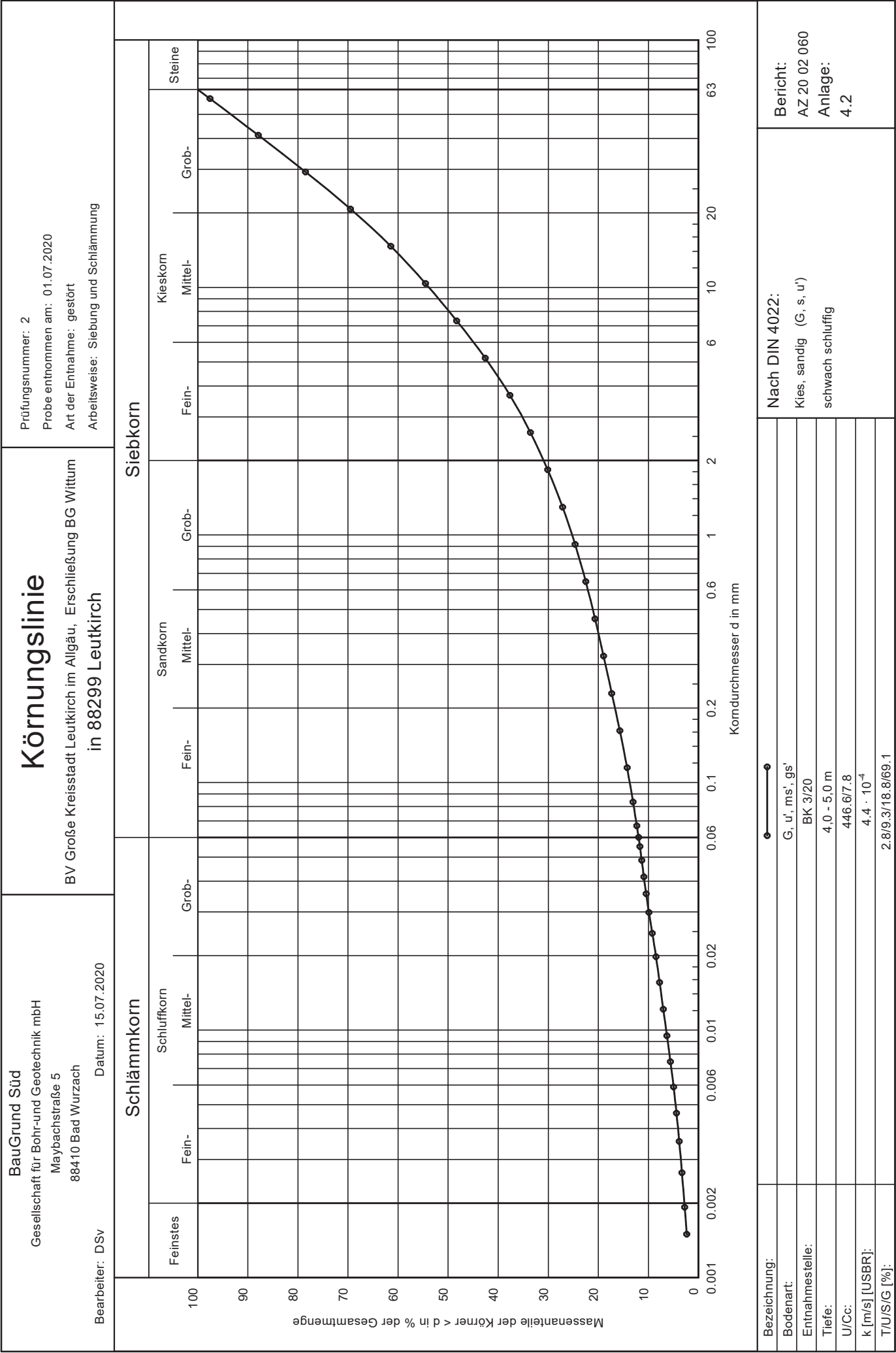


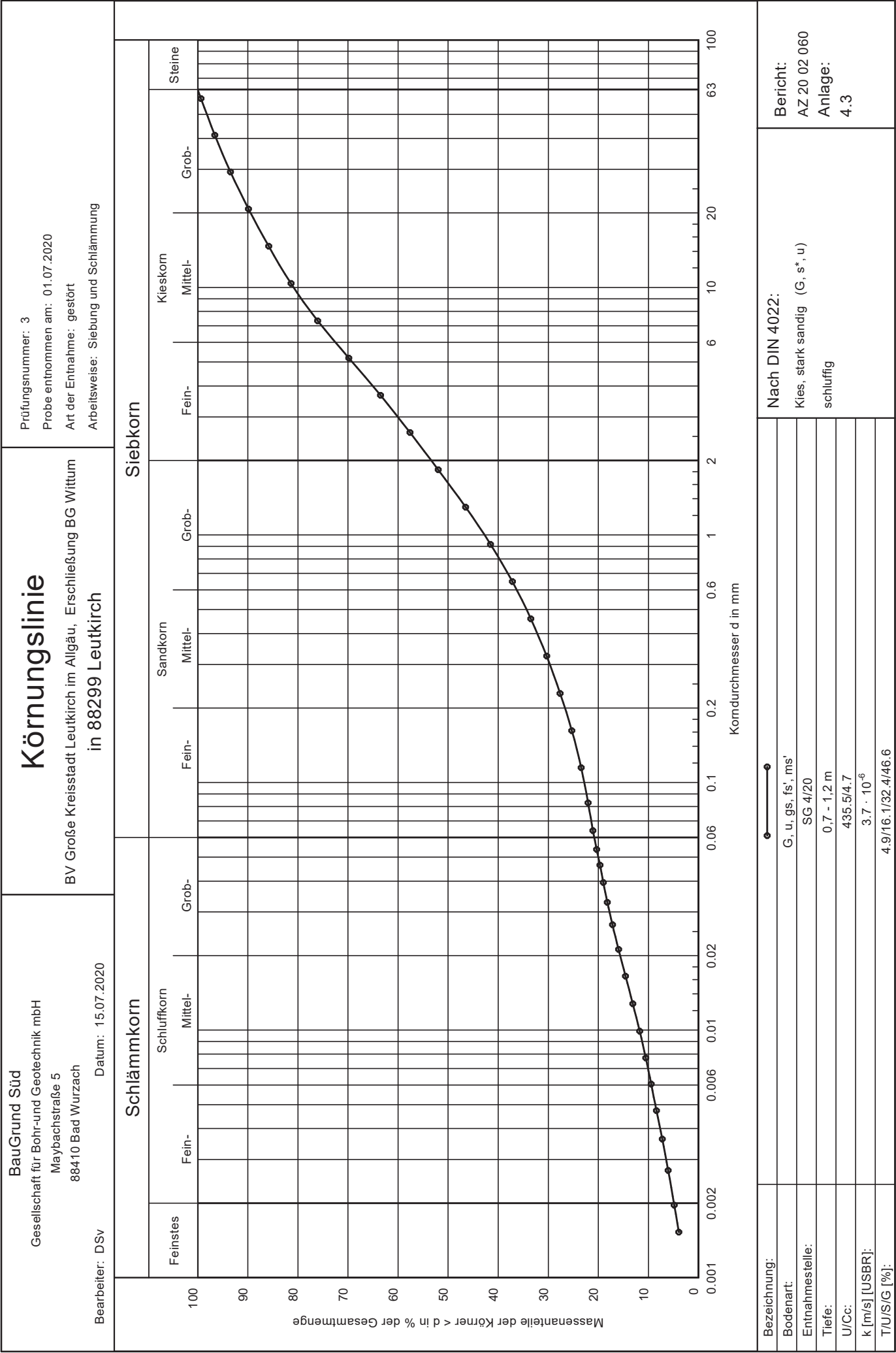
SG 4/20: 0,0 bis 3,0 m u. GOK

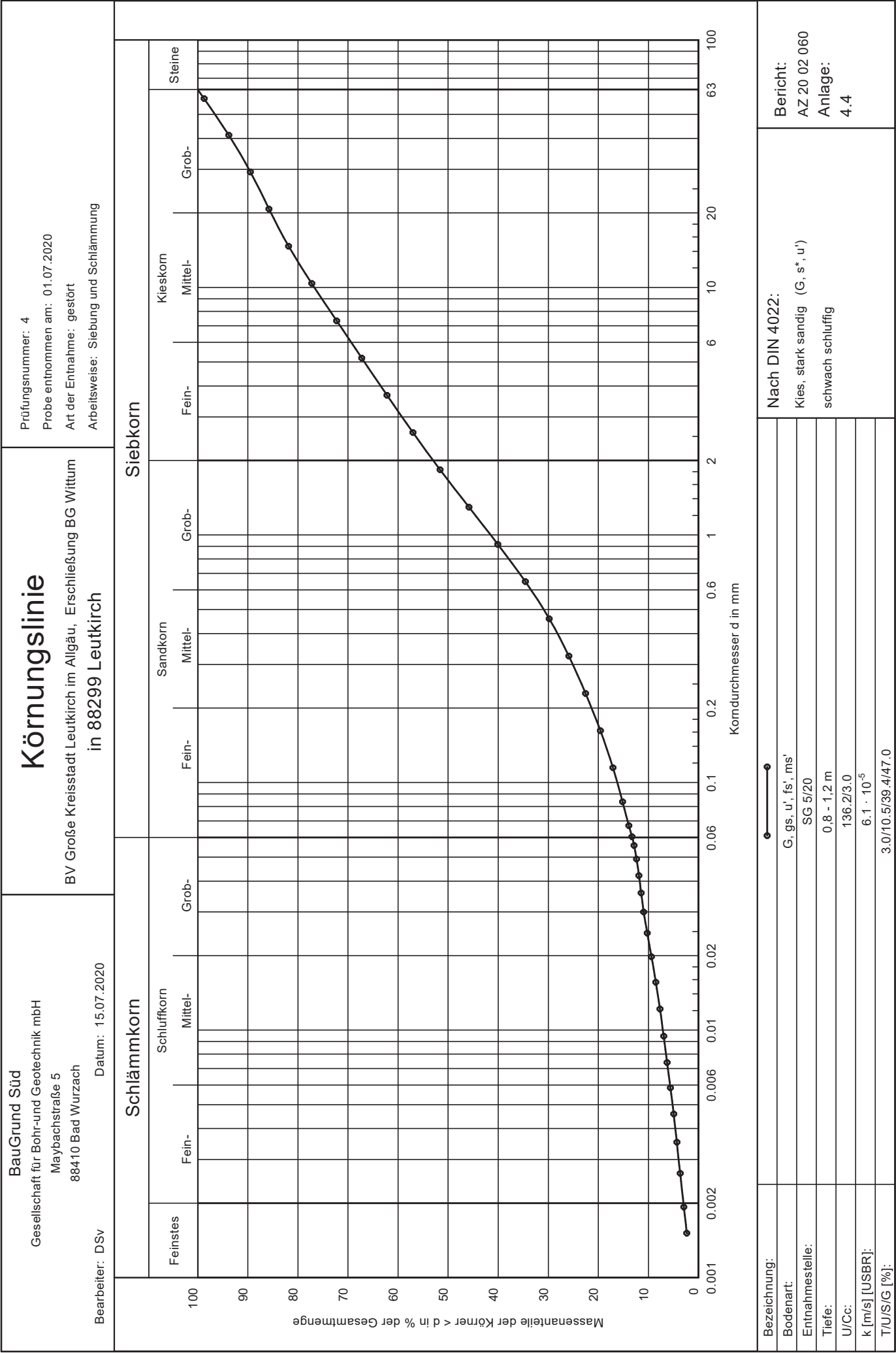


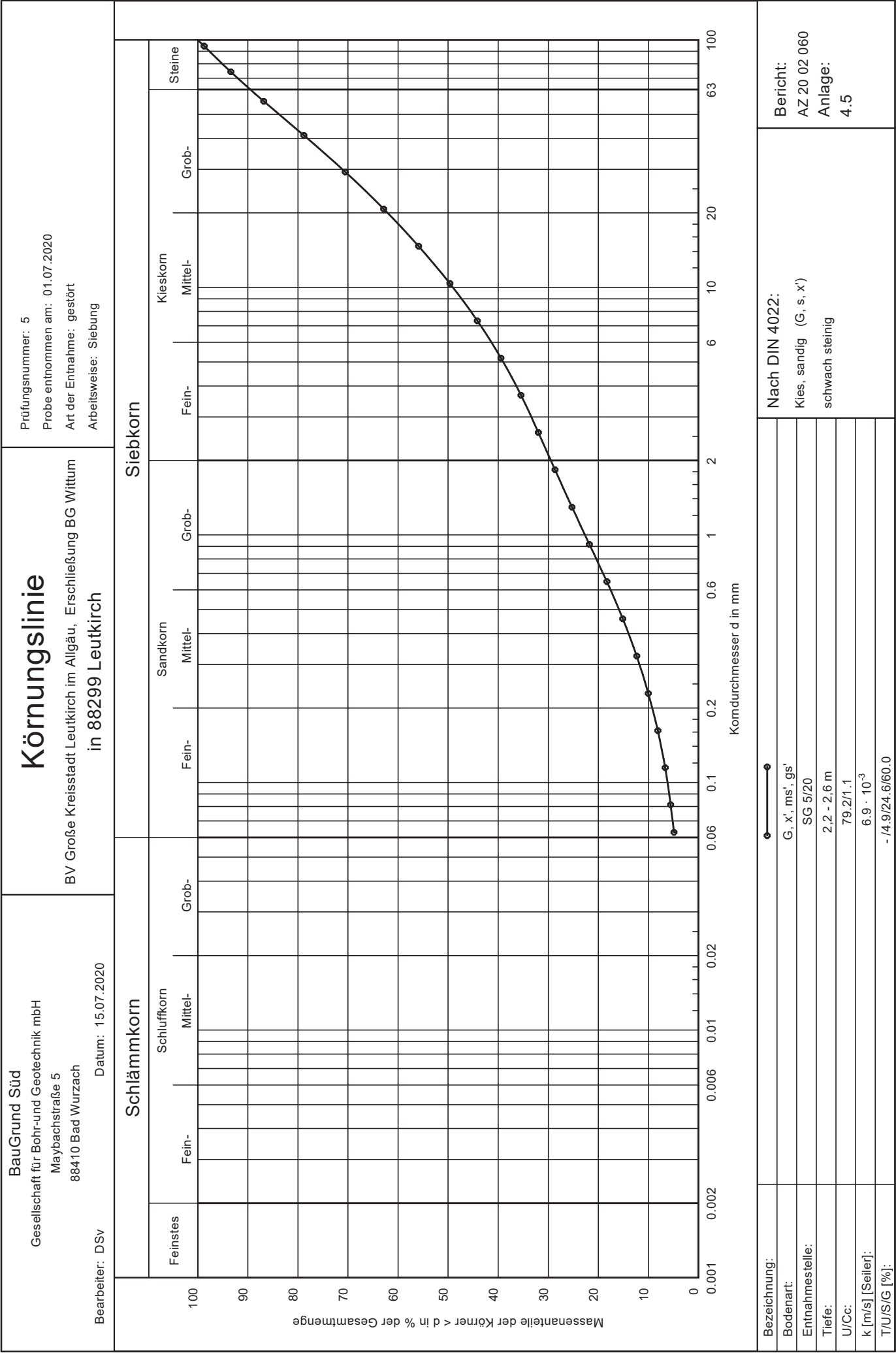
SG 5/20: 0,0 bis 3,0 m u. GOK











Bestimmung des Glühverlusts nach DIN 18 128

BV Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu

Erschließung BG Wittum

in 88299 Leutkirch

AZ 20 02 060

Probe entnommen am: 01.07.2020

Bearbeiter: DSv

Entnahmestelle	BK 1/20		
Prüfungsnummer	1	2	3
Entnahmetiefe [m]	0,00 - 0,20		
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	25,19	27,33	18,72
Geglühte Probe + Behälter [g]	24,46	26,58	18,19
Behälter [g]	18,45	19,91	13,46
Massenverlust [g]	0,73	0,75	0,53
Trockenmasse vor Glühen [g]	6,74	7,42	5,26
Glühverlust [-]	0,108	0,101	0,101
Glühverlust [%]	10,8	10,1	10,1
Mittelwert [%]	10,34		
Nach DIN EN ISO 14688-2	mittel organisch		

Entnahmestelle	BK 3/20		
Prüfungsnummer	4	5	6
Entnahmetiefe [m]	0,00 - 0,65		
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	26,26	29,03	18,34
Geglühte Probe + Behälter [g]	25,79	28,42	18,06
Behälter [g]	18,90	20,03	13,66
Massenverlust [g]	0,47	0,61	0,28
Trockenmasse vor Glühen [g]	7,36	9,00	4,68
Glühverlust [-]	0,064	0,068	0,060
Glühverlust [%]	6,4	6,8	6,0
Mittelwert [%]	6,38		
Nach DIN EN ISO 14688-2	mittel organisch		

Sickerversuch (Schürfgrube)

Verfahren zur orientierenden Bestimmung der Gebirgsdurchlässigkeit

nach: Empfehlung E 1-4 des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke"
der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.)

Projekt-Nr.: AZ 20 02 060

Projekt: BV Große Kreisstadt Leutkirch im Allgäu

Erschließung BG Wittum Diepoldshofen in 88299 Leutkirch

Versuchsdaten Schurf

Versuch: SG 1/20

Versuchsdatum: 30.06.2020

Bodenart: Verwitterungskies, schluffig, sandig

Länge = 1,90 m

Breite = 0,60 m

Tiefe Sohle = 1,20 m

Fläche Sohle = 1,14 m²

Bezugsradius = 0,60 m

Wasserhöhe bei Versuchsbeginn = 0,28 m

Wasserhöhe bei Versuchsende = 0 m

Nach Prinz:

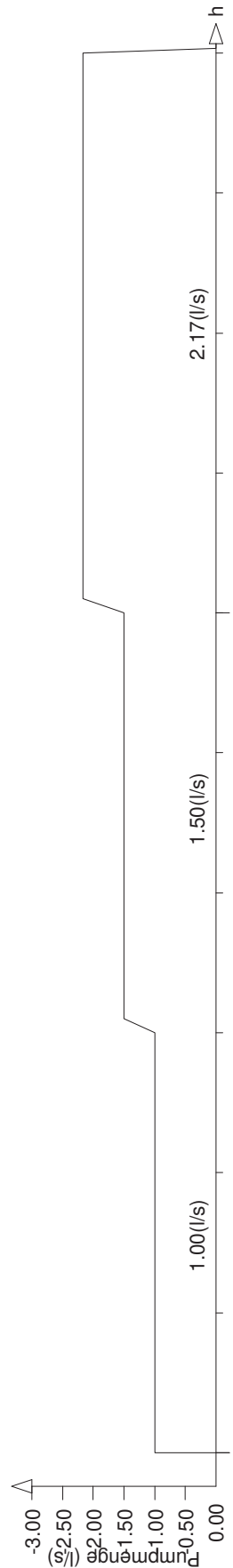
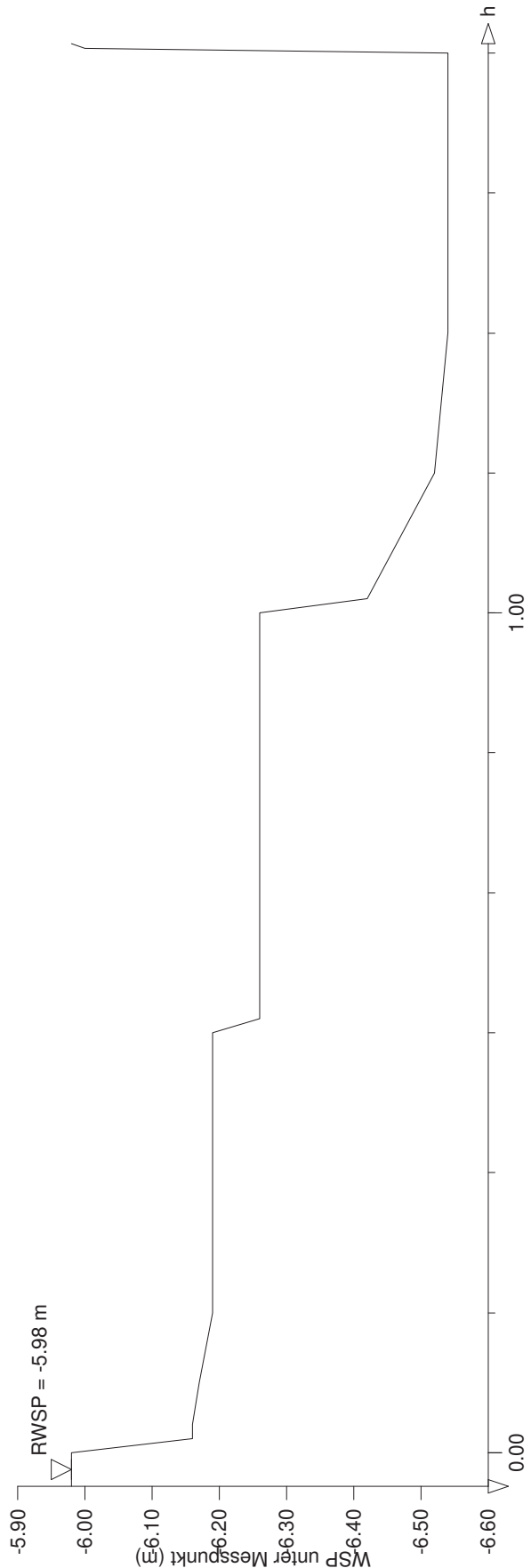
$$k_f = \frac{2r \cdot \Delta h}{8 \cdot \Delta t \cdot h_m}$$

Versuchsauswertung

Zeit [s]	Δt [s]	Wasserstand [m ü. Sohle]	Δh [m]	h _m [m]	k _f [m/s]
0		0,28			
	60		0,01	0,28	9,13E-05
60		0,27			
	60		0,02	0,27	1,86E-04
120		0,25			
	60		0,01	0,28	9,13E-05
180		0,24			
	120		0,04	0,26	1,93E-04
300		0,20			
	300		0,05	0,26	9,84E-05
600		0,15			
	300		0,05	0,26	9,84E-05
900		0,10			
	300		0,04	0,26	7,72E-05
1200		0,06			
	480		0,06	0,25	7,53E-05
1680		0,00			
					1,14E-04

Pumpversuch BK2/20

BauGrund Süd	Projekt: Erschließung BG Wittum Diepoldshofen	Anlage 6
ErdEnergieManagement GmbH	Projektnr.: AZ2002060	
Maybachstraße 6	Anlage: Pumpversuch Bk2/20	
88410 Bad Wurzach	Datum: 15.07.20	
	Messpunkt = POK = 0,65 m ü GOK	
	Bemerkung:	



BauGrund Süd	Projekt: Erschließung BG Wittum Diepoldshofen	Anlage 6
ErdEnergieManagement GmbH	Projektnr.: AZ2002060	
Maybachstraße 6	Anlage: Pumpversuch Bk2/20	
88410 Bad Wurzach	Datum: 15.07.20	
	Messpunkt = POK = 0,65 m ü GOK	
	Bemerkung:	

P U M P V E R S U C H

Pumpversuch BK2/20

Brunnen

Stunden	Tiefe ab Messpkt	Tiefe ab RuheWSP	Q = (l/s)
0h00m00s	5.980	0.000	1.000
0h01m00s	6.160	0.180	1.000
0h02m00s	6.160	0.180	1.000
0h05m00s	6.170	0.190	1.000
0h10m00s	6.190	0.210	1.000
0h15m00s	6.190	0.210	1.000
0h30m00s	6.190	0.210	1.000
0h31m00s	6.260	0.280	1.500
0h40m00s	6.260	0.280	1.500
1h00m00s	6.260	0.280	1.500
1h01m00s	6.420	0.440	2.170
1h10m00s	6.520	0.540	2.170
1h20m00s	6.540	0.560	2.170
1h30m00s	6.540	0.560	2.170
1h40m00s	6.540	0.560	2.170
1h40m20s	6.000	0.020	0.000
1h40m40s	5.980	0.000	0.000

Ende des Versuches

Versuchsdauer 1h40m40s