

Geotechnisches Gutachten

Erschließung Baugebiete Ziegeleschle und Schwärzenthal, Mengen

<u>Projekt Nr.</u>	A1901009
<u>Bauvorhaben</u>	Erschließung Baugebiete Ziegeleschle und Schwärzenthal, Mengen
<u>Auftraggeber</u>	Stadt Mengen Hauptstraße 90 88512 Mengen
<u>Datum</u>	07.05.2019
<u>Bearbeitung</u>	Dipl. Ing. (FH) Ralf Frankovsky

Inhalt

1. Vorgang
2. Geomorphologische Situation, Bodenschichten, bautechnische Beschreibung, Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung, Erdbebenklassifizierung
3. Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit der anstehenden Bodenschichten
4. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Anlagen

- 1.1 Übersichtslageplan, M 1:25.000
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten M 1:2.000
- 2.1 Geologisches Profil 1, RKS1 – RKS3 – RKS4 – RKS5 – SG1 (Ziegeleschle)
M. d. H. 1:50
- 2.2 Geologisches Profil 2, RKS2 – RKS5 – SG1 (Ziegeleschle), M. d. H. 1:50
- 2.3 Geologisches Profil 3, RKS6 – RKS7 – RKS8 (Schwärzentel), M. d. H. 1:50
- 3 Sickersversuch SG1/18 im Moränenkies (Ziegeleschle)

Verwendete Unterlagen

- [1] Kovacic Ingenieure GmbH, Sigmaringen
[1.1] Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:2.000

1. Vorgang

Die Stadt Mengen plant die Baugebiete „Ziegelesche“ und „Schwärzentel“ zu erschließen. Die Baugebiete befinden sich am südwestlichen Ortsrand von Mengen, westlich des Missionsbergs.

Unser Büro wurde von der Stadt Mengen beauftragt, eine Baugrunderkundung im Bereich des Baugebietes auszuführen und ein geotechnisches Gutachten zu erstellen.

Zu diesem Zweck wurden am 21.02.2019 im BG Ziegeleschle fünf Rammkernsondierungen (RKS1 bis RKS5) und im BG Schwärzentel drei Rammkernsondierungen (RKS6 bis RKS8) abgeteuft. Bereits im November 2018 wurde im Bereich der geplanten Versickerung für das BG Ziegeleschle eine Schürfgrube ausgehoben in welcher ein Sickersversuch ausgeführt wurde (SG1/18).

Die Anzahl und Lage der Untersuchungspunkte waren vom Auftraggeber vorgegeben. Die Punkte wurden nach Lage und Höhe vom Ingenieurbüro Kovacic im Auftrag der Stadt Mengen eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt. Die Höhen der Ansatzpunkte, ebenso wie die detaillierte, nach DIN EN ISO 14688-1 und -2, DIN 18 196 und DIN 18 300 (2012) klassifizierte Bodenaufnahme, sind in den Profilen der Anlagen 2.1 bis 2.3 aufgeführt.

2. Geomorphologische Situation, Bodenschichten, bautechnische Beschreibung, Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung, Erdbebenklassifizierung, Umwelttechnik

2.1 Geomorphologische Situation

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am südwestlichen Ortsrand von Mengen, zwischen der L268 und dem Missionsberg. Das Baugebiet Ziegeleschle liegt an einem im Allgemeinen von Süd nach Nord abfallenden Hang, im Bereich der RKS3 befindet sich eine ausgeprägte Geländevertiefung. Eventuell wurden hier in der Vergangenheit Schluff- und Tonböden der Unteren Süßwassermolasse gewonnen. Das Baugebiet Schwärzentel befindet sich rund 500 m südlich des geplanten Baugebietes Ziegeleschle, unmittelbar östlich des Schwärzentelweges, am Fuß eines nach Osten aufgehenden Hanges.

Der tiefere Untergrund wird im Untersuchungsgebiet von den tertiären Böden der Unteren Süßwassermolasse gebildet. Während der Risseiszeit wurden auf die Molasseböden Moränensedimente abgelagert welche lokal wieder erodiert wurden und im Schichtenverlauf fehlen. Im Bereich von Hängen wurden im Holozän durch Abschwemmvorgänge Hangablagerungen über den Moränensedimenten aufgeschüttet. Im späteren Holozän verwitterten die Hangablagerungen und die Moränensedimente und es bildete sich eine Verwitterungsdeckle aus.

In der Überschwemmungsaue des im BG Schwärzentel verlaufenden Baches kamen feinkörnige Auesedimente oberhalb der Glazialböden zur Ablagerung. In flachen Stillwassersenkungen des Auebereiches bildeten sich Torfböden und lokal Seekreide aus.

Im Bereich des Baugebietes Ziegeleschle schließt eine Mutterbodenauflage die Schichtung nach oben hin ab. Im Baugebiet Schwärzentel liegen auf den natürlich anstehenden Böden dagegen aufgefüllte Böden mit Mächtigkeiten bis zu 2,1 m.

2.2 Bodenschichten

Anhand der ausgeführten Aufschlüsse kann am Projektstandort von folgender genereller Schichtenfolge ausgegangen werden:

BG Ziegeleschle

Mutterboden / Ackerkrumme	(Quartär: Holozän)
Verwitterungslehm (lokal)	(Quartär: Holozän)
Hangablagerungen (lokal)	(Quartär: Holozän)
Grundmoräne / Moränenkies / Moränensand	(Quartär: Pleistozän)
Untere Süßwassermolasse	(Tertiär: Oligozän bis Miozän).

BG Schwärzentäl

Auffüllungen	(rezent)
Torf, Seekreide, Auelehm	(Quartär: Holozän)
Grundmoräne / Moränenkies / Moränensand	(Quartär: Pleistozän).

Im Einzelnen wurden mit den acht Rammkernsondierungen und der Schürfgrube SG1 folgende Schichtglieder bzw. Schichttiefen festgestellt.

Tabelle 1a: Schichtglieder und Schichttiefen RKS1 bis RKS5 und SG1, **BG Ziegeleschle**
 (von - bis m unter Gelände)

Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN	RKS1/19 577.737	RKS2/19 571.905	RKS3/19 570.580	RKS4/19 570.285	RKS5/19 565.220	SG1/18 565.238
Mutterboden / Ackerkrumme	0,00 – 0,20	0,00 – 0,50	0,00 – 0,20	0,00 – 0,10	0,00 – 0,50	0,00 – 0,30
Verwitterungslehm	n. a.	0,50 – 1,50	0,20 – 1,60	0,10 – 1,70	0,50 – 1,60	0,30 – 1,70
Hangablagerungen	n. a.	1,50 – 3,40	1,60 – 2,70	1,70 – 3,70	n. a.	n. a.
Grundmoräne	n. a.	3,40 – 4,90	n. a.	3,70 – 4,10	1,60 – 3,60	1,70 – 2,20
Moränenkies	n. a.	n. a.	n. a.	4,10 – 4,70	3,60 – 5,50	2,20 – 3,00*
Moränensand	n. a.	4,90 – 6,00*	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Molasse (Schluff)	0,20 – 3,20* k. W.	n. a.	2,70 – 3,10* k. W.	4,70 – 4,80* k. W.	5,50 – 6,00*	n. a.

* Endtiefe n. a. = Schicht bis Endtiefe nicht angetroffen k.W. = kein Weiterkommen möglich

Tabelle 1b: Schichtglieder und Schichttiefen RKS6 bis RKS8, BG Schwärzental
 (von - bis m unter Gelände)

Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN	RKS6/19 584.220	RKS7/19 585.703	RKS8/19 586.678
Auffüllungen, Mutterboden	0,00 – 0,40	0,00 – 0,40	0,00 – 0,40
Auffüllung, Sand	n. a.	0,40 – 1,10	n. a.
Auffüllung, Schluff	0,40 – 1,60	1,10 – 2,10	0,40 – 1,20
Auffüllung, Kies	n. a.	n. a.	1,20 – 1,80
Seekreide	1,80 – 2,30	n. a.	n. a.
Torf	1,60 – 1,80 2,30 – 3,40	2,10 – 3,50 (mit Auelehm)	1,80 – 3,70 (Wechselagerung)
Auelehm	3,40 – 3,80	3,50 – 5,00	
Moränenkies	3,80 – 4,50	n. a.	3,70 – 4,50
Moränensand	n. a.	n. a.	4,50 – 5,80* k. W.
Grundmoräne	4,50 – 6,00*	5,00 – 5,50*	n. a.

* Endtiefe n. a. = Schicht bis Endtiefe nicht angetroffen k.W. = kein Weiterkommen möglich

2.3 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Zusätzlich zu der Schichtansprache, die bei den Profilen der Anlagen 2.1 bis 2.3 dargestellt ist, werden die *bautechnischen Eigenschaften* der Böden wie folgt beurteilt:

BG Ziegeleschle

Mutterboden / Ackerkrumme (Ziegeleschle)

Die oberste Schicht im Untersuchungsgebiet wird von einer Mutterbodenauflage gebildet. Der Mutterboden setzt sich aus einem schwach tonigen, feinsandigen bis stark feinsandigen sowie schwach humosen bis stark humosen Schluff zusammen. Der Oberboden ist zum Abtrag von Lasten nicht geeignet. Der Mutterboden kann in statisch nicht relevanten Bereichen zur Geländeangleichung oder als kulturfähiger Oberboden wiederverwendet werden (sofern 70% der Vorsorgewerte gem. BBodSchV Anhang 2, Abschnitt 4 eingehalten werden).

Verwitterungsdecke (Ziegeleschle)

Unterhalb des Mutterbodens steht die Verwitterungsdecke in Form von Verwitterungslehm an. Der Verwitterungslehm ist als schwach toniger bis toniger, sandiger bis schwach sandiger sowie gering kiesiger bis schwach kiesiger Schluff anzusprechen. Die Konsistenz des Verwitterungslehms ist weich bis steif. Die Tragfähigkeit des Verwitterungslehms ist als mäßig einzustufen. Der Lehmboden ist frost- und witterungsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser (z. B. durch Niederschläge) weicht der Boden schnell auf und verliert an Tragfähigkeit.

Hangablagerungen (Ziegeleschle)

Die Hangablagerungen sind als schwach tonige bis tonige, schwach sandige bis sandige, gering kiesige bis schwach kiesige Schluffe anzusprechen. Die Konsistenz der Hangablagerungen ist überwiegend steif, lokal auch nur weich bis steif. Die Tragfähigkeit der Hangablagerungen ist als mäßig bis gut einzustufen. Die Hangablagerungen sind frost- und witterungsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser (z. B. durch Niederschläge) weichen sie schnell auf und verlieren an Tragfähigkeit.

Grundmoräne (Ziegeleschle)

Die eiszeitliche Grundmoräne wurde im BG Ziegeleschle in Form eines gering tonigen bis schwach tonigen, sandigen bis stark sandigen, gering kiesigen bis kiesigen Schluff angetroffen. Die Konsistenz der Grundmoräne ist steif, in Schichtwasserbereichen kann der Boden lokal aufgeweicht sein (weiche bis steife Konsistenz).

Innerhalb der Grundmoräne ist grundsätzlich mit Steinen ($\varnothing > 63 - 200$ mm) und vereinzelt auch mit Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) zu rechnen, sehr vereinzelt können auch große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) eingeschalten sein. Nach der DIN 18300 (Fassung 2012) gehören stark steinige und blockige Böden zur Bodenklasse 5. Bei mehr als 30% Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) oder bei feste Konsistenz gehört der Boden zur Bodenklasse 6, große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) werden zur Bodenklasse 7 gerechnet.

Die Grundmoräne ist frostempfindlich und weicht bei Wasserzutritten, z.B. durch Niederschläge oder Schichtwasseraustritte auf und verliert dann oberflächlich ihre Tragfähigkeit.

Die Grundmoräne ist als gut tragfähiger Boden einzustufen.

Moränenkies (Ziegeleschle)

Der nur lokal angetroffene Moränenkies setzt sich im Untersuchungsgebiet aus einem sandigen bis stark sandigen Fein- bis Grobkies, im Bereich der RKS5 aus einem Feinkies, mit unterschiedlichem Anteil der Feinfraktion zusammen (schwach schluffig bis stark schluffig).

Erfahrungsgemäß ist innerhalb des Moränenkieses grundsätzlich mit Steinen ($\varnothing > 63 - 200$ mm) und Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) zu rechnen, vereinzelt können auch große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) eingeschalten sein. Nach der DIN 18300 (Fassung 2012) gehören stark steinige und blockige Böden zur Bodenklasse 5. Bei mehr als 30% Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) gehört der Boden zur Bodenklasse 6, große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) werden zur Bodenklasse 7 gerechnet.

Der Moränenkies liegt dem Sondierfortschritt zufolge in mitteldichtem Lagerungszustand vor. Mit zunehmender Tiefe kann der Lagerungszustand auch in mitteldicht bis dicht und dicht übergehen. Der Kiesboden ist zum Abtrag von Lasten gut geeignet.

Moränensand (Ziegeleschle)

Moränensand wurde im BG Ziegeleschle nur bei der RKS2 angetroffen. Er setzt sich bei diesem Untersuchungspunkt aus einem gering feinkiesigen Fein- bis Grobsand zusammen. Der Lagerungszustand des Sandbodens ist dem Sondierwiderstand zufolge als mitteldicht einzustufen. Der Moränensand stellt in der angetroffenen Form einen gut tragfähigen Baugrund dar.

Untere Süßwassermolasse (Ziegeleschle)

Die Böden der tertiären Molasse setzen sich aus einem schwach tonigen bis stark tonigen, gering sandigen bis sandigen Schluff zusammen. Vereinzelt können dünne Mergelsteinlagen innerhalb des Lehmbodens vorhanden sein. Die Konsistenz der lehmigen Fazie der Unteren Süßwassermolasse ist am Top halbfest und geht mit zunehmender Tiefe rasch in halbfest bis fest und fest über. Die Untere Süßwassermolasse kann im Untersuchungsgebiet lokal auch als Sandfazie ausgebildet sein. In größeren Tiefen wird Mergelstein und Sandstein auftreten.

Die Untere Süßwassermolasse ist in der erkundeten Form als gut bis sehr gut tragfähig einzustufen.

BG Schwärzental

Auffüllungen (Schwärzental)

Auffüllungen, Mutterboden

Der aufgefüllte Mutterboden im Bereich BG Schwärzental setzt sich aus einem schwach tonigen bis tonigen, stark feinsandigen sowie stark humosen Schluff zusammen. Die Konsistenz ist der manuellen Ansprache zufolge weich, der Boden ist zum Abtrag von Lasten nicht geeignet. Der Oberboden kann in statisch nicht relevanten Bereichen zur Geländeangleichung oder als kulturfähiger Oberboden wiederverwendet werden sofern 70% der Vorsorgewerte gem. BBodSchV Anhang 2, Abschnitt 4 eingehalten werden).

Auffüllungen, Schluff

Aufgefüllte Lehm Böden wurden bei den Rammkernsondierungen RKS6, RKS7 und RKS8 angetroffen. Die Auffüllungen setzen sich hier aus einem schwach tonigen, schwach sandigen bis stark sandigen, schwach kiesigen bis kiesigen, lokal auch stark kiesigen Schluff zusammen. Innerhalb der aufgefüllten Schluffe wurden vereinzelt kleine Ziegelreste angetroffen. Bei der Rammkernsondierung RKS7 waren von 1,10 – 1,60 m u. GOK kleine Asphaltreste mit einem stark beißenden Geruch eingeschalten (vermutlich Teile einer alten Teerdecke). Die Konsistenz der bindigen Auffüllungen ist überwiegend weich bis steif.

Auffüllungen, Kies

Der aufgefüllte Kies bei der Rammkernsondierung RKS8 ist als ein schwach schluffiger, sandiger Fein- bis Grobkies zu anzusprechen in welchem ebenfalls vereinzelt kleine Ziegelreste vorhanden sind. Der Lagerungsstand ist dem Sondierfortschritt nach zu urteilen locker bis mitteldicht.

Auffüllungen, Sand

Im Bereich der RKS7 folgt direkt unterhalb des Oberboden ein gering schluffiger Fein- bis Mittelsand. Der Sandboden ist locker gelagert, es wurden keine anthropogenen Einschlüsse festgestellt.

Insgesamt ist das Schichtpaket „Auffüllungen“ aufgrund seiner inhomogenen Zusammensetzung, der nur geringen Konsistenz bzw. dem nur lockeren Lagerungszustand sowie mit Blick auf die unterlagernden Weichschichten nicht zu Abtrag von Lasten heran zu ziehen.

Eine abfallrechtliche oder bodenschutzrechtliche Untersuchung der Auffüllungen erfolgte auftragsgemäß nicht. Es wurde eine Rückstellprobe der Auffüllungen aus der Rammkernsondierungen RKS7 1,1 – 1,6 m entnommen (stark beißender Geruch). Es kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass auf dem Baufeld noch an anderer Stelle Auffüllungen mit anthropogenen Anteilen vorhanden sind.

Torf (Schwärzentel)

Der organische Boden wurde bei allen Untersuchungsstellen im BG Schwärzentel angetroffen. Der Zersetzungsgrad reicht von nicht zersetzt bis stark zersetzt. Die Konsistenz des Torfbodens ist weich, im Bereich der RKS7 und RKS8 liegt er zum Teil in Wechsellagerung mit dem Auelehm vor. Der Torf ist als nicht tragfähiger Boden einzustufen. Bei Belastung wird er mit

großen Setzungen reagieren. Durch Zersetzungsprozesse der organischen Anteile wird das Setzungsmaß zusätzlich erhöht.

Seekreide (Schwärzentel)

Bei der Seekreide welche mit der Rammkernsondierung RKS6 aufgeschlossen wurde, handelt es sich um einen stark feinsandigen Schluff weicher bis sehr weicher Konsistenz. Die Seekreide ist hier nur wenige Dezimeter mächtig und liegt innerhalb des Torfes. Die Seekreide ist zum Abtrag von Lasten nicht geeignet.

Auelehm (Schwärzentel)

Der Auelehm ist im Untersuchungsgebiet als ein toniger bis stark toniger, lokal schwach sandiger Schluff anzusprechen. Die Konsistenz des Auelehms ist weich, bei der Rammkernsondierung RKS8 breiig bis weich. Der Auelehm kommt lokal in Wechsellagerung mit Torfböden vor. Der Auelehm ist in der angetroffenen Form als sehr gering tragfähiger Boden einzustufen.

Grundmoräne (Schwärzentel)

Die Grundmoräne setzt sich im Untersuchungsgebiet Schwärzentel aus einem gering sandigen, gering feinkiesigen Ton (RKS7) und einem tonigen, schwach sandigen, schwach kiesigen bis kiesigen Schluff (RKS6) zusammen. Im Bereich der RKS6 ist die Grundmoräne durch das Grundwasser im Moränenkies aufgeweicht, ansonsten ist die Konsistenz des eiszeitlichen Sediments steif bis halbfest und mit zunehmender Tiefe halbfest bis fest. In größeren Tiefen kann auch feste Konsistenz auftreten.

Innerhalb der Grundmoräne ist grundsätzlich mit Steinen ($\varnothing > 63 - 200$ mm) und vereinzelt auch mit Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) zu rechnen, sehr vereinzelt können auch große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) eingeschalten sein. Nach der DIN 18300 (Fassung 2012) gehören stark steinige und blockige Böden zur Bodenklasse 5. Bei mehr als 30% Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) oder bei fester Konsistenz gehört der Boden zur Bodenklasse 6, große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) werden zur Bodenklasse 7 gerechnet.

Die Grundmoräne ist frostempfindlich und weicht bei Wasserzutritten, z.B. durch Niederschläge oder Schichtwasseraustritte auf und verliert dann oberflächlich ihre Tragfähigkeit.

Die Grundmoräne ist als gut tragfähiger Boden einzustufen.

Moränenkies (Schwärzentel)

Der grau bis hellgrau gefärbte Moränenkies ist als ein schluffiger bis stark schluffiger sowie sandiger bis stark sandiger Fein- bis Grobkies einzustufen. Der Moränenkies ist sowohl bei

der RKS6 als auch bei der RKS8 vollständig Wasser erfüllt. Bei der RKS7 fehlt der Moränenkies. Erfahrungsgemäß ist innerhalb des Moränenkieses grundsätzlich mit Steinen ($\varnothing > 63 - 200 \text{ mm}$) und Blöcken ($\varnothing > 200 - 600 \text{ mm}$) zu rechnen, vereinzelt können auch große Blöcke ($\varnothing > 600 \text{ mm}$) eingeschalten sein. Nach der DIN 18300 (Fassung 2012) gehören stark steinige und blockige Böden zur Bodenklasse 5. Bei mehr als 30% Blöcken ($\varnothing > 200 - 600 \text{ mm}$) gehört der Boden zur Bodenklasse 6, große Blöcke ($\varnothing > 600 \text{ mm}$) werden zur Bodenklasse 7 gerechnet.

Der Lagerungszustand des Moränenkieses ist mitteldicht, er ist zum Abtrag von Gebäudelasten gut geeignet.

Moränensand (Schwärzentel)

Moränensand wurde mit ausgeführten Untersuchungen im BG Schwärzentel nur bei der RKS8 angetroffen. Dabei handelt es sich um einen schluffigen Fein- bis Grobsand. Der Moränensand ist vollständig Wasser erfüllt. Der Sandboden ist thixotrop, das heißt er neigt bei Wassersättigung und mechanischer Einwirkung zur Verflüssigung (Liquefaktion). Im dann vorhandenen Boden-Wasser-Gemisch können keine Scherbeanspruchungen mehr aufgenommen werden, der Boden gehört dann zur (alten) Bodenklasse 2. Im freien Anschnitt, z. B. durch Baugruben, fließen die wassergesättigten Sande aus. Der Lagerungszustand des Sandbodens ist als locker bis mitteldicht einzustufen. Der Moränensand bildet im ungestörten Zustand einen mäßig bis gut tragfähigen Untergrund. Der Moränensand kann jedoch bei mechanischer Einwirkung aufgrund seiner thixotropen Eigenschaften sehr schnell seine Tragfähigkeit und Standfestigkeit verlieren.

2.4 *Bodenkennwerte und Klassifizierung*

Entsprechend der Baugrundsichtung der geologischen Profile (Anlagen 2.1 bis 2.3) sowie der Beschreibung der Böden, werden im Folgenden die für den Erdbau notwendigen Bodenkennwerte und Bodenklassen angegeben:

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schicht	Wichte (erdfeucht) γ [kN/m ³]	Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion (dräniert) c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Mutterboden + aufgefüllter Mutterboden	15 – 16	5 – 6	17,5 – 20,0	0	0,5 – 1,0
Auffüllung, Kies	20 – 21	10 – 11	32,5 – 35,0	0	10 – 15
Auffüllung, Schluff	18 – 19	8 – 9	22,5 – 25,0	0	4 – 6
Auffüllung, Sand	19 – 20	9 – 10	30,0	0	10 – 12
Torf	13 – 14	3 – 4	15 – 17	0	0,5 – 1
Seekreide	14 – 16	6 – 7	20,0 – 22,5	0	1 – 2
Auelehm	17 – 18	7 – 8	22,5 – 25,0	0	2 - 3
Verwitterungslehm	19 – 20	9 – 10	25,0 – 27,5	0 – 2	6 – 8
Hangablagerungen	19 – 20	9 – 10	25,0 – 27,5	0 – 2	8 – 12
Moränenkies	20 – 22*	10 – 12*	32,5 – 35,0	0	40 – 60
Moränensand	19 – 20	9 – 10	30,0 – 32,5**	0	15 - 30
Grundmoräne mind. steif	19 – 22*	9 – 12*	25,0 – 27,5	3 – 5	20 – 30
Grundmoräne steif bis halbfest	19 – 22*	9 – 12*	25,0 – 27,5	6 – 10	30 – 50
Molasse, Schluff halbfest bis fest	19 – 22*	9 – 12	25,0 – 27,5	10 – 15	50 – 70

* Steine und Blöcke

** kann sich bei Verflüssigung deutlich verringern

Die vorgenannten Mittelwerte leiten sich aus den vorliegenden Untersuchungen und aus Erfahrungswerten von vergleichbaren Böden ab. Die Bodenparameter gelten für die anstehenden Schichten im ungestörten Lagerungsverband. Bei Auflockerungen oder Aufweichungen durch den Baubetrieb oder Witterungseinflüssen können sich die Parameter deutlich ändern.

Tabelle 3: Klassifizierung der Böden (DIN18300, Fassung 2012)

Schicht	Bodengruppe DIN18196	Bodenklasse DIN18300 (2012)	Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 17	Verdichtbarkeitsklasse ZTV A-StB 12
Auffüllung, Mutterboden	(OU)	1	F3	-
Auffüllung, Kies	(GU)	3	F2	V1
Auffüllung, Sand	(SE)	3	F1	V1
Auffüllung, Schluff	(UM/TM)	4	F3	V3
Mutterboden	OU	1	F3	-
Torf	HN / HZ	2	F3	-
Seekreide	OK/SU*	4	F3	-
Auelehm	UL/TL	4	F3	V3 (ohne Torf)
Verwitterungslehm	UM/TM	4	F3	V3
Hangablagerungen	UM/TM	4	F3	V3
Moränenkies	GU* lokal GW oder GU	3 bei GW + GU 4 bei GU* (5 / 6) ^{xx}	F1 bei GW F2 bei GU F3 bei GU*	V1 bei GW + GU V2 bei GU*
Moränensand	SW + SE SU*	3 bei SW + SU 4 bei SU* (2) ^x	F1 bei SW F2 bei SU F3 bei SU*	V1 bei SW + SU V2 bei SU* mit Wasser V3
Grundmoräne	UL / UM / TM lok. SU*	4, (5 / 6) ^{xx}	F3	V3
Molasse, Schluff	UM / TM	4 Bei fester Konsistenz 6	F3	V3

^x Bei Verflüssigung Bodenklasse 2 (Moränensand)

^{xx} je nach Anteil und Größe der Steine und Blöcke, Blöcke > 600 mm sind im Moränenkies und der Grundmoräne möglich (dann Bkl. 7)

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18300 beschlossen, bei der die Böden nach Homogenbereichen eingeteilt werden. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika Lösen, Laden und Fördern mit den neuen Charakteristika des Behandeln, Einbauens und Verdichtens vereint. Böden gleicher Eigenschaften werden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche entsprechen im Wesentlichen der bereits gewählten geologisch orientierten Schichtenfolge in diesem Gutachten, da hierbei ebenfalls Bodenschichten mit gleichen Eigenschaften zusammengefasst werden. Im Zuge der Umstellung der DIN 18300 wurden auch andere Erdbaunormen (z. B. die DIN18319) bei welchen Bodenklassen angegeben waren auf das neue System der Homogenbereiche umgestellt.

Da die Erschließung der beiden Baugebiet vermutlich separat ausgeschrieben werden, wird auch die Einteilung der Böden in Homogenbereiche für beide Baugebiete separat vorgenommen.

Die anhand der Aufschlüsse festgelegten Homogenbereiche sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Homogenbereiche BG Ziegeleschle

Tabelle 4: Einteilung der Schichten in Homogenbereiche (für Erdarbeiten gem. DIN18300)
BG Ziegeleschle

Homogenbereich BG Ziegeleschle	Baugrundsicht
HBE-0	Mutterboden
HBE-1	Verwitterungslehm + Hangablagerungen
HBE-2	Grundmoräne
HBE-3.1	Moränenkies, gering schluffig
HBE-3.2	Moränenkies, schwach schluffig
HBE-3.3	Moränenkies, schluffig bis stark schluffig
HBE-4	Moränensand, gering schluffig
HBE-5.1	Molasse, Schluff, halbfest
HBE-5.2	Molasse, Schluff, fest

Tabelle 5: Kennwerte der Homogenbereiche (Erfahrungswerte), BG Ziegeleschle

Homogenbereich	Anteil Steine [%] 63 – 200 mm	Anteil Blöcke [%] 200 – 630 mm	Anteil große Blöcke [%] > 630 mm	Konsistenz (überwiegend) Konsistenzzahl I_c	Plastizität Plastizitätszahl I_p [%]	Lagerungszustand Lagerungsdichte D Bzw. Undrainierte Scherfestigkeit bei bindigen Böden c_u [kN/m ²]	Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	Organischer Anteil [%]	Bodengruppe DIN18196	Baugrundschrift (ortsübliche Bezeichnung)
HBE-0	0	0	0	weich I_c ca. 0,5 – 0,75	-	-	-	4 – 6	OU	Mutterboden
HBE-1	< 3	< 1	0	weich bis steif I_c ca. 0,5 – 1,0	mittelplastisch I_p 20 - 30	$c_{u,k}$ 15 – 100	-	2 - 4	UM/TM	Verwitterungs- lehm + Hangablage- rungen
HBE-2	0 – 10	<5	<3	steif bis halbfest I_c 0,75 – 1,5	leicht bis mittel- plastisch I_p 4 - 30	$c_{u,k}$ (steif) 60 – 150 $c_{u,k}$ (halbfest) 150 – 400	-	<1	UL/UM/TM	Grundmoräne
HBE-3.1	5 – 25	0 – 5	< 3	-	-	mitteldicht D 0,3 – 0,5	-	<1	GW	Moränenkies, gering schluffig
HBE-3.2	5 – 25	0 – 5	< 3	-	-	mitteldicht D 0,3 – 0,5	-	<1	GU	Moränenkies, schwach schluffig
HBE-3.3	5 – 25	0 – 10	< 3	-	-	mitteldicht D 0,3 – 0,5	-	<1	GU*	Moränenkies, schluffig bis stark schluffig
HBE-4	< 1	0	0	-	-	mitteldicht D 0,3 – 0,5	-	<1	SW/SE	Moränensand
HBE-5.1	0	0	0	halbfest I_c 1,0 – 2,0	mittelplastisch I_p 20 - 30	$c_{u,k}$ 150 – 400	-	<1	UM/TM	Molasse, Schluff fest
HBE-5.2	0	0	0	fest I_c > 2,0	mittelplastisch I_p 20 - 30	$c_{u,k}$ > 400	-	<1	UM/TM	Molasse, Schluff fest

Homogenbereiche BG Schwärzentel

Tabelle 6: Einteilung der Schichten in Homogenbereiche (für Erdarbeiten gem. DIN18300)
BG Schwärzentel

Homogenbereich BG Schwärzentel	Baugrundschrift
HBE-0	Auffüllung*, Mutterboden
HBE-1.1	Auffüllung*, Sand
HBE-1.2	Auffüllung*, Schluff
HBE-1.3	Auffüllung*, Kies
HBE-2	Torf
HBE-3	Seekreide
HBE-4	Auelehm
HBE-5	Grundmoräne
HBE-6	Moränenkies
HBE-7	Moränensand

* Eine umwelttechnische Untersuchung der Auffüllungen erfolgte nicht. Gegebenenfalls ist eine weitere Unterteilung je nach Schadstoffbelastung notwendig.

Tabelle 7: Kennwerte der Homogenbereiche (Erfahrungswerte), BG Schwärzentäl

Homogenbereich	Anteil Steine [%] 63 – 200 mm	Anteil Blöcke [%] 200 – 630 mm	Anteil große Blöcke [%] > 630 mm	Konsistenz (überwiegend) Konsistenzzahl I_c	Plastizität Plastizitätszahl I_p [%]	Lagerungszustand Lagerungsdichte D Bzw. Undrainierte Scherfestigkeit bei bindigen Böden c_u [kN/m ²]	Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	Organischer Anteil [%]	Bodengruppe DIN18196	Baugrundsicht (ortsübliche Bezeichnung)
HBE-0	0	0	0	weich I_c ca. 0,5 – 0,75	-	-	-	4 – 6	(OU)	Auffüllung, Mutterboden
HBE-1.1	Angabe nicht möglich Aufgefüllte Böden			-	-	locker D 0,15 -0,45	-	0 – 2	(SE)	Auffüllung, Sand
HBE-1.2	Angabe nicht möglich Aufgefüllte Böden			weich bis steif I_c ca. 0,5 – 1,0	mittelplastisch I_p 20 - 30	$c_{u,k}$ 15 – 100	-	0 – 2	(UM/TM)	Auffüllung, Schluff
HBE-1.3	Angabe nicht möglich Aufgefüllte Böden			-	-	locker bis mitteldicht D 0,15 – 0,6	-	0 – 2	(GU)	Auffüllung, Kies
HBE-2	0	0	0	weich I_c ca. 0,5 – 0,75	-	$c_{u,k}$ 15 – 60	-	40 – 70	HN-HZ	Torf
HBE-3	0	0	0	weich I_c ca. 0,5 – 0,75	leichtplastisch I_p 4 - 20	$c_{u,k}$ 15 – 100	-	5 - 30	OK/SU*	Seekreide
HBE-4	0	0	0	weich I_c ca. 0,5 – 0,75 lokal breiig I_c ca. 0,25 – 0,5	leichtplastisch I_p 4 - 20	$c_{u,k}$ 15 – 100 lokal < 15	-	5 – 30	UL/TL	Auelehm
HBE-5	0 – 10	<5	<3	steif bis halbfest I_c 0,75 – 1,5	mittelplastisch I_p 20 - 30	$c_{u,k}$ (steif) 60 – 150 $c_{u,k}$ (halbfest) 150 – 400	-	<1	UM/TM	Grundmoräne
HBE-6	5 – 25	0 – 10	< 3	-	-	mitteldicht D 0,3 – 0,5	-	<1	GU*	Moränenkies, schluffig bis stark schluffig
HBE-7	< 1	0	0	Matrix weich	-	locker bis mitteldicht D 0,15 – 0,6	-	<1	SU*	Moränensand

2.5 Erdbebenklassifizierung

Entsprechend der „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, 2005“ befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 2** (Gebiet, in der gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus

rechnerisch die Intensität $7 \leq I < 7,5$ zu erwarten ist) und der **Untergrundklasse T** (Übergangsbereich zwischen den Gebieten der Untergrundklassen R und S).

3. Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit der anstehenden Böden, Versickerungsmöglichkeiten nach dem DWA-A-138

3.1 Grundwasserverhältnisse

Während den Aufschlussarbeiten am 21.02.2019 wurde Wasser angetroffen. Es wurden folgende Wasserstände gemessen.

Tabelle 8: Grundwasserstände Bereich BG Ziegeleschle, 21.02.2019

Untersuchungs- punkt	Wasser angebohrt		Wasser nach Bohrende*	
	m u. Gel.	m ü. NN	m u. Gel.	m ü. NN
RKS1/19	k. W. bis Endtiefe 3,20 m u. GOK	k. W. bis Endtiefe 574.54 m ü. NN	-	-
RKS2/19	k. W. bis Endtiefe 6,00 m u. GOK	k. W. bis Endtiefe 565.91 m ü. NN	-	-
RKS3/19	k. W. bis Endtiefe 3,10 m u. GOK	k. W. bis Endtiefe 567.48 m ü. NN	-	-
RKS4/19	k. W. bis Endtiefe 4,80 m u. GOK	k. W. bis Endtiefe 565.48 m ü. NN	-	-
RKS5/19	Nicht messbar	Nicht messbar	4,04 (MG)	561.68
SG1/18	k. W. bis Endtiefe 3,00 m u. GOK 29.11.2018	k. W. bis Endtiefe 562.24 m ü. NN	-	-

k. W. = kein Wasser bis zur Endtiefe angetroffen * keine Ruhewasserspiegel!
 (MG) = Moränenkies

Als Grundwasserleiter fungiert im BG Ziegeleschle der Moränenkies. Der Grundwasserstauer wird von den Molasseböden gebildet. Grundwasser wurde jedoch nur in der tiefer gelegenen Rammkernsondierung RKS5 angetroffen. Im Bereich der Hoch- und Hangflächen war zum Untersuchungszeitpunkt kein Wasser innerhalb der Moränenkiese und -sande vorhanden.

Nach langanhaltenden Niederschlägen ist in diesen Bereichen jedoch auch mit Wasser zu rechnen. Daten zu Grundwasserhöchstständen liegen uns nicht vor.

Tabelle 9: Grundwasserstände Bereich BG Schwärzentel, 21.02.2019

Untersuchungs- punkt	Wasser angebohrt		Wasser nach Bohrende*	
	m u. Gel.	m ü. NN	m u. Gel.	m ü. NN
RKS6/19	Nicht messbar	-	3,11 (Tf)	581.11
RKS7/19	k. W. bis Endtiefe 21.02.19 m u. GOK	k. W. bis Endtiefe 580.20 m ü. NN	-	-
RKS8/19	Nicht messbar	-	1,84 (Tf)	584.84

k. W. = kein Wasser bis zur Endtiefe angetroffen * keine Ruhewasserspiegel!
 (Tf) = Torf

Im BG Schwärzentel wird der Grundwasserleiter ebenfalls vom Moränenkies und dem Moränensand gebildet. Die Sande und Kiese waren bei den Sondierungen RKS6 und RKS8 vollständig Wasser erfüllt (bei der RKS7 wurde Moränenkies- bzw. -sand bis zur Endtiefe nicht angetroffen). Die Torfböden und der Auelehm waren zum Untersuchungszeitpunkt stark feucht bis nass. In diesen Böden ist ebenfalls Wasser vorhanden welches jedoch nur langsam zufließen wird. Der Auelehm und der Torf haben gegenüber dem Moränenkies und -sand geringere Durchlässigkeiten. Das Grundwasser kann unterhalb der Schichten eingespannt sein.

3.2 Durchlässigkeit der anstehenden Böden

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 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1,0 \cdot 10^{-03}$ m/s und $k_f = 1,0 \cdot 10^{-06}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickertraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1,0 \cdot 10^{-06}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abzuleiten sind.

Der Untergrund im Untersuchungsgebiet besteht überwiegend aus lehmigen Böden. Diese Bodenschichten sind erfahrungsgemäß schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte des Verwitterungslehms, der Hangablagerungen, der Grundmoräne und des Molassemergels liegen erfahrungsgemäß mit $k_f < 1,0 \cdot 10^{-07}$ m/s außerhalb der Anforderungen des DWA-A 138 zur ausschließlichen Versickerung von Oberflächenwasser.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte des Auelehms und des Torfs liegen erfahrungsgemäß mit $k_f < 1,0 \cdot 10^{-07}$ m/s ebenfalls außerhalb der Anforderungen des DWA-A 138 zur ausschließlichen Versickerung von Oberflächenwasser.

Der Durchlässigkeitsbeiwert des Moränenkieses hängt stark von den bindigen Anteilen ab. Gering schluffiger Moränenkies kann erfahrungsgemäß k_f -Werte von $> 1 \cdot 10^{-04}$ m/s aufweisen, wobei die k_f -Werte von schluffigen bis stark schluffigen Moränenkiesen bei $1 \cdot 10^{-05}$ bis $1 \cdot 10^{-07}$ m/s liegen.

Die k_f -Werte des Moränensandes liegen je nach Feinanteil zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-05}$ bis $1 \cdot 10^{-07}$ m/s.

Um die Durchlässigkeit des Moränenkieses am Standort des geplanten Beckens zu bestimmen, wurde in der Schürfgrube SG1/18 ein Sicker Versuch ausgeführt. Anhand der aufgezeichneten Absenkungen wird der vertikale Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt (vgl. Anlage 3).

Der vertikale Durchlässigkeitsbeiwert aus dem Sicker Versuch sowie der zugehörige Bemessungs – k_f – Wert nach dem Arbeitsblatt DWA - A 138, Tab. B.1, sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisse des Sicker Versuches (Werte der Anlage 3)

Aufschluss Versuchstiefe	vertikale Durchlässigkeit k_f -Wert Feldversuch (m/s)	vertikale Durchlässigkeit k_f -Wert Bemessung (m/s)	Bodenart
SG1/18 3,00 m u. GOK (Anlage 3)	$2,24 \cdot 10^{-6}$	(Korrekturfaktor 2) $4,48 \cdot 10^{-6}$	<u>Moränenkies</u> Fein- bis Grobkies schluffig bis stark schluffig Bodengruppe GU*

Der ermittelte, vertikale Durchlässigkeitsbeiwert (vgl. Tabelle 10) stuft den Moränenkies in der Schürfgrube SG1/18 als einen „durchlässigen“ ($k_f = 1,0 \cdot 10^{-04}$ bis $1,0 \cdot 10^{-06}$ m/s) Boden ein.

Eine Versickerung nach den Vorgaben des DWA-A138 wäre in dieser Schicht bezogen auf den k_f Wert also theoretisch möglich. Es gilt jedoch zu beachten, dass der k_f -Wert stark von den Anteilen der Feinfraktion eines Bodens abhängt. An anderer Stelle kann der Moränenkies schluffiger sein, dann wird auch der k_f Wert geringer und liegt dann schon evtl. schon außerhalb der Anforderungen des DWA-A 138. Sofern eine direkte Versickerung im Moränenkies erfolgen soll, wird deshalb von unserer Seite dringend empfohlen die Sickeranlage mit einem Notüberlauf zu versehen.

4. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Vorbemerkung:

Der Untersuchungsrahmen für dieses Gutachten entspricht nicht dem Untersuchungsprogramm für Einzelbauwerke gemäß dem Eurocode 7, Teil 2 (DIN EN 1997-2:2010-10 einschließlich DIN EN 1997-2/NA:2010-12 und DIN 4020:2010-12).

Es ist eine Erkundung und geotechnische Bewertung für Einzelbauwerke anzuraten.

Die nachfolgenden Ausführungen und Berechnungen sollen als allgemeine Hinweise und Entscheidungshilfen zur Bebauungsform (mit oder ohne Keller) verstanden werden.

Baugebiet Ziegeleschle

4.1 Gründung (Ziegeleschle)

Die EFH der Gebäude sind noch nicht bekannt und sollen im Zuge der weiteren Planung festgelegt werden. Im Folgenden werden die grundsätzlichen Möglichkeiten der Gründung von Gebäuden beschrieben.

Die geologischen Schnitte für das BG Ziegeleschle sind in den Anlagen 2.1 bis 2.2 enthalten. Entsprechend Abschnitt 2.3 steht gut tragfähiger Baugrund in Form von Moränenablagerungen (Grundmoräne, Moränenkies, Moränensand) und Molasse an. Darüber liegen die mäßig tragfähigen Hangablagerungen und der Verwitterungslehm.

4.1.1 Nicht unterkellerte Gebäude (Ziegeleschle)

Nicht unterkellerte Gebäude werden, mit Ausnahme im Bereich der RKS1, mit ihrer Gründungssohle im Bereich der Verwitterungsdecke zu liegen kommen. Diese Böden sind als mäßig tragfähig einzustufen.

Nicht unterkellerte Gebäude können auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte und einem Bodenersatzkörper in der Verwitterungsdecke gegründet werden. Die Mächtigkeit des Bodenersatzkörpers ist mit mindestens $D = 1,00$ m zu veranschlagen. Der Bodenersatzkörper ist vom anstehenden Boden mit einem Vlies (GRK3) zu trennen. Der Einbau und die Verdichtung des Bodenersatzkörpers soll lagenweise ($D_{\text{Lage}} \leq 0,30$ m) erfolgen und ist so weit über den Rand der Bodenplatte auszubilden, dass sich ein Lastausbreitungswinkel von 45° einstellen kann. Der fachgerechte Einbau ist anhand von Lastplattendruckversuchen zu überprüfen (empfohlene Anforderung: statisch $E_{v2} \geq 100$ MN/m²; dynamisch $E_{vd} \geq 50$ MN/m²).

Werden Gebäude auf einer tragenden Bodenplatte über einen Bodenersatzkörper wie oben beschrieben in der Verwitterungsdecke gegründet so kann zur Vorbemessung ein Bettungsmodul von $k_s = 3 - 5$ MN/m³ angesetzt werden.

Kommt die Unterkante des Bodenersatzkörpers bereits in den Moränenablagerungen zu liegen, so kann zur Vorbemessung der Bodenplatte ein Bettungsmodul in der Größenordnung von $k_s = 10 - 15$ MN/m³ angesetzt werden.

Der exakte Bettungsmodulverlauf kann nach Angabe der einwirkenden Lasten und bei Kenntnis des genauen Schichtenverlaufs (grundstücksbezogene Baugrunderkundung), über den Steifemodul des Bodens, anhand einer detaillierten Setzungsberechnung (FE-Berechnung) von unserem Büro bestimmt werden.

Der Verwitterungslehm und die Hangablagerungen sind witterungsempfindlich und weichen bei Wasserzutritt schnell auf. Es wird empfohlen, die Gründungssohlen unmittelbar nach dem Aushub mit Magerbeton zu versiegeln oder eine Schutzschicht ($D = 10$ bis 20 cm) bis vor dem Betonieren in der Baugrubensohle zu belassen.

Alternativ zu einer Gründung auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte können nicht unterkellerte Gebäude auch auf Einzel- und Streifenfundamenten in den Moränenablagerungen gegründet werden. Hierzu sind lokal Fundamentvertiefungen notwendig. Bei geringen Lasten wäre auch eine Gründung in der Verwitterungsdecke oder den Hangablagerungen möglich (dies ist im Einzelfall zu prüfen, s. u.).

Für die Fundamentvertiefungen werden senkrechte Gräben bis auf die Oberkante der tragfähigen Böden ausgehoben und unmittelbar nach dem Aushub bis auf die geplante Unterkante der (bewehrten) Fundamente mit Magerbeton aufgefüllt. Die ausgehobenen Gräben dürfen zu keiner Zeit und unter keinen Umständen von Personen betreten werden. Der Bemessungswerts des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für eine Gründung über Magerbetonvertiefungen ist unter anderem von der Einbindetiefe der Fundamente, dem Schichtenverlauf unter den Fundamenten, dem Geländeverlauf und der Fundamentgeometrie abhängig. Mit Voranschreiten der Planung und bauwerks- und grundstücksspezifischen Untersuchungen, kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes von unserem Büro im Einzelfall ermittelt werden.

4.1.2 unterkellerte Gebäude (Ziegeleschle)

Unterkellerte Gebäude werden den ausgeführten Untersuchungen zufolge zum größten Teil bereits in den gut tragfähigen Moränenablagerungen zu liegen kommen. Die Gebäude können auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte oder auf Einzel- und Streifenfundamenten gegründet werden.

Werden Gebäude auf einer tragenden Bodenplatte in den gut tragfähigen Moränenablagerungen gegründet, so kann zur Vorbemessung der Bodenplatte ein Bettungsmodul in der Größenordnung von $k_s = 10 - 15$ MN/m³ angesetzt werden.

Der exakte Bettungsmodulverlauf kann nach Angabe der einwirkenden Lasten und bei Kenntnis des genauen Schichtenverlaufs (Grundstücksbezogene Baugrunderkundung), über den Steifemodul des Bodens, anhand einer detaillierten Setzungsberechnung (FE-Berechnung) von unserem Büro bestimmt werden.

Der Bemessungswerts des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für eine Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten ist unter anderem von der Einbindetiefe der Fundamente, dem Schichtenverlauf unter den Fundamenten, dem Geländeverlauf und der Fundamentgeometrie abhängig.

Mit Voranschreiten der Planung und bauwerks- und grundstücksspezifischen Untersuchungen, kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes von unserem Büro im Einzelfall ermittelt werden.

4.2 Grundwasser und Entwässerung (Ziegeleschle)

Bei der Baugrunderkundung am 21.02.2019 wurde mit den Rammkernsondierungen im unteren Bereich des Baugebietes Wasser angetroffen. Im Projektgebiet muss grundsätzlich mit Schicht- und Hangwasser gerechnet werden.

Auf Grund der überwiegend geringen Durchlässigkeit des Untergrundes ist in der Arbeitsraumverfüllung eines unterkellerten Gebäudes mit anstauendem Sickerwasser bzw. Schichtwasser zu rechnen.

Es ist die Wassereinwirkungsklasse W2-E (Drückendes Wasser) gemäß der DIN 18533-1 zu Grunde zu legen.

Unabhängig davon wird empfohlen, die Abdichtung des Bauwerkes durch eine wasserundurchlässige Bauweise aus Beton vorzunehmen (Weiße Wanne). Es ist die Beanspruchungsklasse 1 gemäß der WU Richtlinie anzusetzen (ständig und zweitweise drückendes Wasser).

Es wird dringend empfohlen grundstücks- und bauwerksbezogene Erkundungen auszuführen um den jeweiligen Bemessungsfall im Detail bestimmen zu können (s. auch Vorbemerkung zu Abschnitt 4).

4.3 Baugruben (Ziegeleschle)

Im Baugebiet sind frei geböschte Baugruben möglich. Generell sind in den wasserfreien Moränensanden und -kiesen sowie dem Verwitterungslehm und den Hangablagerungen Böschungen mit 45° nach der DIN 4124 ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit bis zu einer Tiefe von 5 m möglich. In der Grundmoräne und der Molasse sind Böschungswinkel bis 60° möglich.

Erlauben die Platzverhältnisse keine frei geböschte Baugrube mit den o. g. Böschungswinkeln, oder liegt die Baugrube im Einflussbereich von Bestandsgebäuden oder Straßen, ist die Baugrube durch einen Baugrubenverbau zu sichern. Hierzu eignet sich z. B. ein vernagelter Spritzbeton-, Trägerbohlwand- oder Spundwandverbau. Verankerungs- oder Vernagelungsmaßnahmen welche in das Nachbargrundstück hinein reichen, bedürfen der Erlaubnis des betroffenen Grundstücksbesitzers.

Bei einer frei geböschten Baugrube sind folgende Mindestabstände zur Böschungskante einzuhalten:

- Straßenfahrzeuge, die nach der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung allgemein zugelassen sind, sowie Baumaschinen oder Baugeräte **bis zu 12 t** Gesamtgewicht (= Eigengewicht des Gerätes und Gewicht des geförderten Bodens bzw. der angehängten Last): **Abstand mindestens 1 m** zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante.
- schwerere Straßenfahrzeuge als oben genannt sowie Baumaschinen oder Baugeräte **über 12 t bis 40 t** Gesamtgewicht (= Eigengewicht des Gerätes und Gewicht des geförderten Bodens bzw. der angehängten Last): **Abstand mindestens 2 m** zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante.

Die weiteren Anforderungen zur Anwendung der vorgenannten Norm sind zu beachten. Freie Böschungen sind mit Planen o. ä. gegen Witterungseinflüsse zu sichern.

Größere Steine und Blöcke sind aus dem Böschungsbereich zu räumen oder gegen Herabfallen zu sichern.

Schneiden Baugruben wasserführende Lagen an (z. B. in den Moränensanden und -kiesen), können die oben genannten Böschungswinkel ohne zusätzliche Maßnahmen nicht eingehalten werden. Bei geringen Schichtwasserzutritten können die freien Böschungen mit Stützscheiben aus Einkornbeton gesichert werden.

Ist der Wasserandrang stark, wird empfohlen die Baugruben mittels eines statischen, wasserabsperrenden Verbaus zu sichern. Hierzu eignet sich zum Beispiel ein Spundwandverbau. Aufgrund der mit zunehmender Tiefe hohen Konsistenz der Grundmoräne sowie lokal vorkommenden Steinen oder auch Blöcken, sind die Spunddielen mit zunehmender Tiefe nur schwer bis gar nicht ramm- bzw. rüttelbar. In diesem Fall sind Austausch- bzw. Auflockerungsbohrungen vorzusehen. Die Standsicherheit der Verbaumaßnahmen ist rechnerisch nachzuweisen.

Alternativ ist eine genehmigungspflichtige, vorausseilende Grundwasserabsenkung über z. B. Schachtbrunnen notwendig. Im permanent abgesenkten Zustand (Bauphase) sind dann Baugruben unter 45° möglich. Auf Grund der lokal hohen Durchlässigkeiten des Moränenkieses sind jedoch hohe Entnahmemengen über mehrere zu dimensionierende Absenkbrunnen zu erwarten.

Details zur Baugrubensicherung können mit Voranschreiten der Planung und zusätzlichen, grundstücksbezogenen Baugrunduntersuchungen mit unserem Büro abgestimmt werden.

4.4 Kanalbaumaßnahmen (Ziegeleschle)

Die Tiefenlage der Kanalschächte ist noch nicht bekannt. Baugruben und Gräben im Projektgebiet können gemäß Abschnitt 4.3 ausgehoben werden.

Alternativ zur freien Böschung und in Schichtwasserbereichen ist die Sicherung mit Grabenverbaugeräten möglich. Der Einsatz von Grabenverbaugeräten minimiert die Aushubmenge und die Grabenbreite. Die Verbautafeln sind in Schichtwasserbereichen kontinuierlich vor dem Aushub des Bodens einzudrücken um eine seitliche Stützung der Grabenwände zu gewährleisten (Absenkverfahren). Ein Vorseilen des Aushubs vor dem Grabenverbaugerät ist in diesen Bereichen zu vermeiden. Auftretendes Schichtwasser ist in den Kanalgräben mit einer offenen Wasserhaltung zu fassen.

Kommen die Kanalrohre mit Ihrer Sohle in der mindestens steifen Grundmoräne, dem Moränenkies, dem Moränensand oder der Molasse zu liegen, so sind keine besonderen Maßnahmen zur Gründung der Rohre nötig. Die Grundmoräne und der Moränenkies sind lokal als steinig bis lokal stark steinig anzusprechen. Es ist immer wieder mit Blöcken in der Grundmoräne und dem Kiesboden zu rechnen. Um eine gleichmäßige Bettung der Rohre zu erhalten, wird empfohlen, den unteren Bettungsbereich aus einem feinkörnigem Kies-Sand Gemisch herzustellen. Die Dicke der unteren Bettung muss gemäß DIN EN 1610 mindestens $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN [mm]}$ betragen.

Liegen die Kanalsohlen in den darüber liegenden Schichten (Verwitterungslehm und weiche Hangablagerungen) ist als Gründungspolster ein Bodenersatzkörper (Kiessand, Schluffanteil $< 5\%$) mit einer Mächtigkeit von $D = 30 \text{ cm}$ einzubauen. Sollte die Gründungssohle stark aufgeweicht sein, so sind in diesen Bereichen zur Stabilisierung der Sohle zusätzlich Schroppen (gebrochenes Material) einzudrücken.

Für die Verfüllung der Kanalgräben können der Verwitterungslehm, die Hangablagerungen, die Grundmoräne und die Molasse nicht verwendet werden. Diese Böden besitzen beim Wiedereinbau in den Kanalgräben eine größere Durchlässigkeit als der anstehende Baugrund. Bei einem Wasserzutritt werden diese Böden aufgeweicht, es werden ggf. Feinbestandteile ausgewaschen, dies führt zu Setzungen im Straßenbereich. Zudem lassen sich die Böden, mit Hinweis auf ihre Verdichtbarkeitsklasse (s. Tabelle 3), ohne zusätzliche Bodenverbesserungsmaßnahmen nicht verdichten.

Die genannten können nur dann zur Verfüllung der Kanalgräben herangezogen werden, wenn sie vorab durch ein Kalk-Zement Bindemittel verbessert werden.

4.5 Straßenbaumaßnahmen (Ziegeleschle)

Es ist davon auszugehen, dass die Erschließungsstraßen oberflächennah in dem Verwitterungslehm zu liegen kommen. Diese Böden sind nach den ZTV E-StB 09 als sehr frostempfindlich (F3) einzustufen. Des Weiteren sind diese Böden witterungsempfindlich. Nach den ZTV E-StB 09 und der RStO ist auf dem Erdplanum eines F2/F3 Untergrundes ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Dieser Wert wird im Bereich des Verwitterungslehms vermutlich nicht bzw. nur grenzwertig erreicht. Es wird empfohlen den Verformungsmodul des Erdplanums vor der Baumaßnahme durch Plattendruckversuche zu untersuchen. Liegt

das Erdplanum im Bereich der Molasseböden (RKS1) wird der E_{v2} -Wert vermutlich erreicht werden.

Sollte das Erdplanum den geforderten Verformungsmodul nicht erreichen, sind baugrundverbessernde Maßnahmen notwendig. Es wird dann vorgeschlagen, den frostsicheren Straßenaufbau dann auf einem mindestens 0,40 m dicken Bodenersatzkörper aus Kiessand (Schluffanteil < 5 %) aufzubauen. Der Bodenersatzkörper ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist anhand von Plattendruckversuchen zu überprüfen.

Alternativ zu einer Gründung des Oberbaus auf einem Bodenersatzkörper kann der Verwitterungslehm im oberen Bereich auch einer Bodenverbesserung (Einfrästiefe mind. 40 cm) mit Mischbindemittel (Kalk - Zement, ca. 3 - 5 % Gew.-Anteil) unterzogen werden. Mit dieser Maßnahme wird die oben genannte Anforderung erreicht. Es wird empfohlen, im Vorfeld ein Probefeld mit den oben beschriebenen Baugrundverbesserungen anzulegen und das zu fordernde Verformungsmodul nachzuweisen. Bei nicht Erreichen der o. g. Werte ist die Dicke des Bodenersatzkörpers zu vergrößern.

Baugebiet Schwärzentel

Für das Baugebiet Schwärzentel wurden vorab lediglich 3 Rammkernsondierungen abgeteuft um eine Aussage zur allgemeinen Bebaubarkeit treffen zu können.

Im Baugebiet Schwärzentel stehen tragfähige Böden in Tiefen ab 3,80 bis 5,00 m Form von Moränenkies und Grundmoräne an. Der darüber liegende Auelehm, der Torf und die Seekreide sind nicht bis gering tragfähig. Die nach oben abschließenden Auffüllungen sind aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung und den unterlagernden Weichschichten ebenfalls nicht zum Abtrag von Gebäudelasten heran zu ziehen.

Der Torf und der Auelehm sind teilweise, die Moränensande und -kiese vollständig Wasser erfüllt.

Eine Bebauung und Erschließung in diesem Bereich ist technisch schwierig und es ist mit höheren Kosten als üblich zu rechnen.

Sollte dennoch eine Bebauung in diesem Gebiet erfolgen, müssen die Gebäudelasten nicht unterkellertes Gebäude, teilweise auch unterkellertes Gebäude, über Tiefgründungen (Brunnengründungen, Pfähle etc.) bis zum tragfähigen Grund (Moränenablagerungen) geführt werden. Baugruben sind aufgrund der organischen Böden und der Grundwasserverhältnisse zum größten Teil im Schutz eines Verbaus auszuheben.

Die Erschließungsstraßen gründen im Bereich der Auffüllungen welche auf organischen weichen Schichten aufliegen. Eine setzungsfreie Gründung der Straßen ist möglich, jedoch aufwendig (tiefreichende Bodenverbesserung). Eine schwimmende Gründung auf einer zu

dimensionierenden Untergrundverbesserung z. B. mittels Geogittern ist möglich, jedoch nicht frei von Setzungen.

Kanäle und Leitungen liegen vermutlich ebenfalls in den Weichschichten. Auch hier sind, um setzungsfrei zu gründen, zusätzliche technische Maßnahmen notwendig (tiefreichende Bodenverbesserung oder tiefer Bodenaustausch).

Anmerkungen

Die im Gutachten enthaltenen Angaben beziehen sich auf die bei den Untersuchungsstellen ermittelten Bodenschichten und deren geotechnischen Eigenschaften. Abweichungen von den gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung, Wasserstände etc.) können auf Grund einer Heterogenität des Untergrundes nicht ausgeschlossen werden. Ferner ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich.

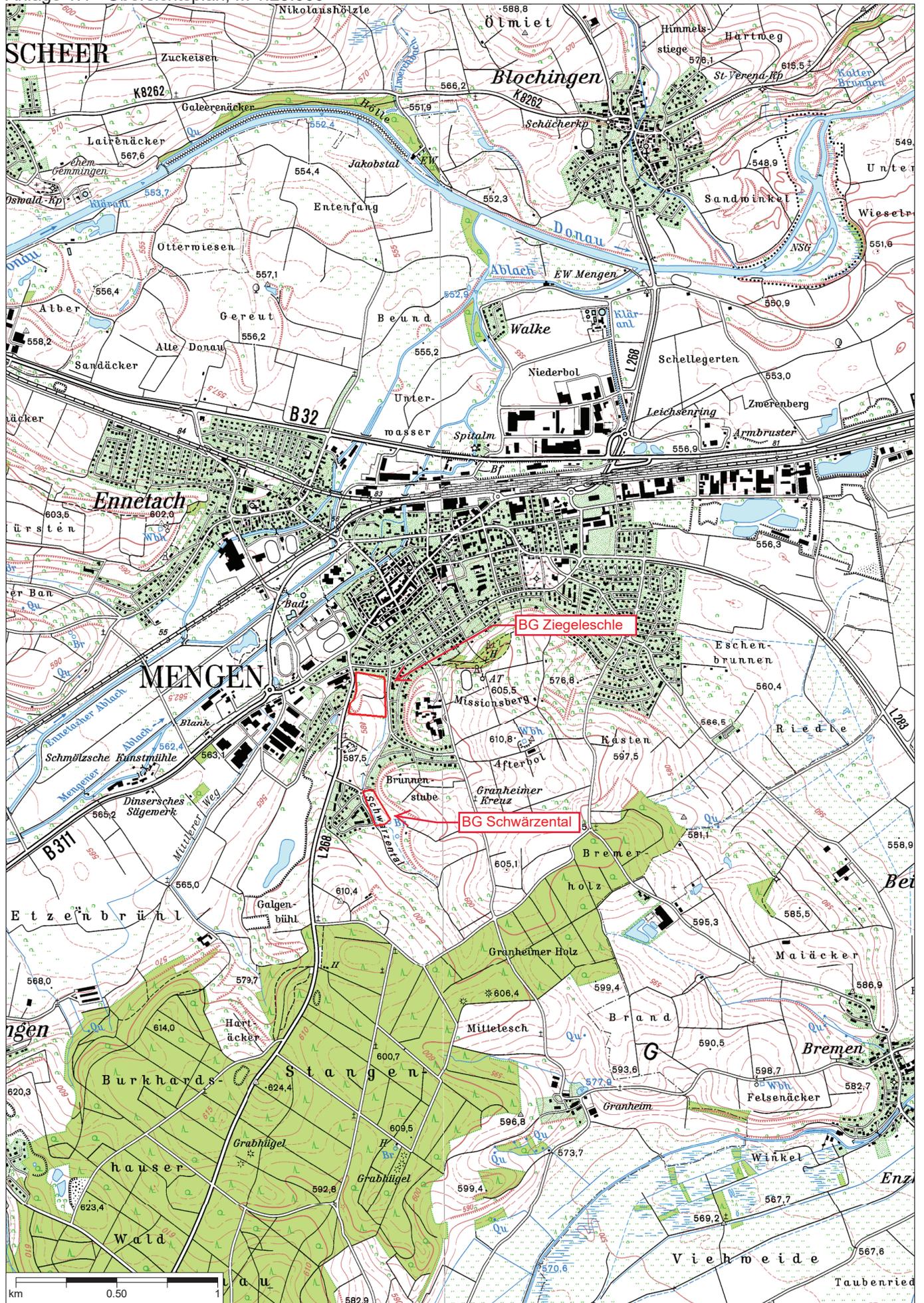
Auf die Vorbemerkung zum Abschnitt 4 dieses Gutachtens sei noch einmal ausdrücklich hingewiesen.

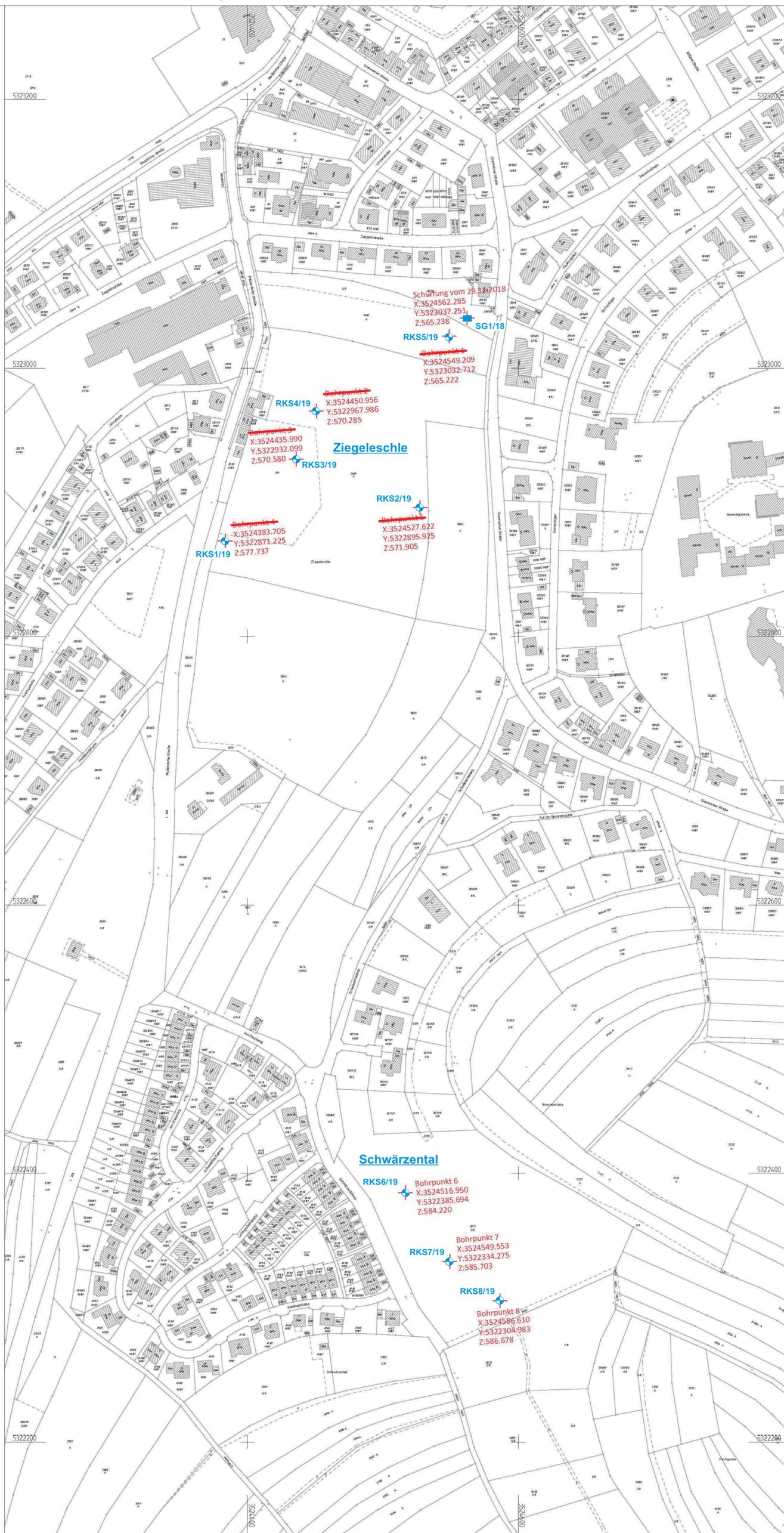
Das Gutachten ist nur zusammen mit allen Anlagen gültig (Anlage 1.1 bis Anlage 3). Eine auszugsweise Weitergabe ist nicht gestattet. Die Vervielfältigung des Gutachtens bedarf der Zustimmung des auf Seite 1 genannten Auftraggebers.

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

Dipl. Ing. (FH) R. Frankovsky

fm geotechnik 





Legende

- Rammkernsondierung (RKS)
- Schürfgrube (SG)
- RKS1 bis 5 und SG1 -> BG Ziegeleschle
- RKS 6 bis 8 -> BG Schwärzental

fm geotechnik
 Wiesflecken 6 Mayrhald 11
 88279 Amtzell 87452 Altusried
 Tel. 07522/9784407 Tel. 08373/3020379

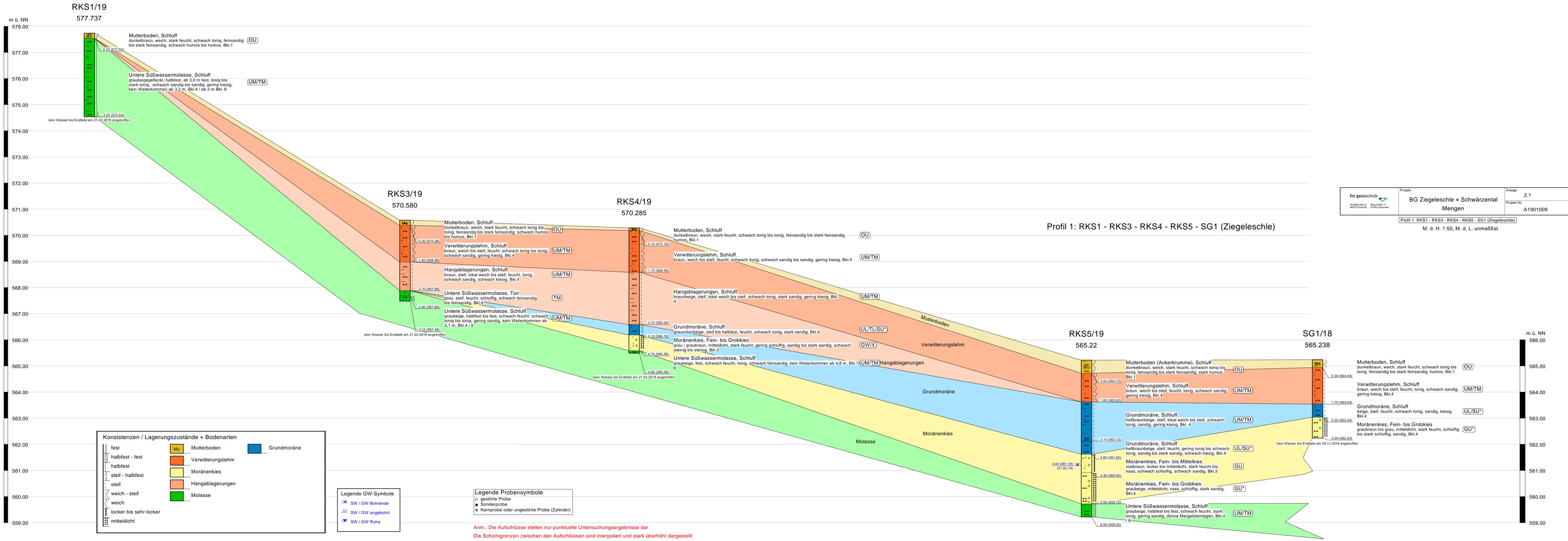
Projektnummer A1901009

Baugebiete Ziegeleschle + Schwärzental
 Mengen

Anlage 1.2, Lageplan mit Untersuchungspunkten
 M 1:2.000

Kovacic Ingenieure GmbH
 Beratende Ingenieure
 72488 Sigmaringen Josefhenstrasse 7 Ingenieure@kovacic.de
 Telefon: 07571/6450-0 Telefax: 07571/6450-50 www.kovacic.de

M: 1:2000



fm geotechnik <small>Westficken 6 88279 Amstel Mayhede 11 87402 Altona</small>	Projekt	Anlage
	BG Ziegeleschle + Schwärzentäl Mengen	2:1 Projekt Nr.: A1901009

Profil 1: RKS1 - RKS3 - RKS4 - RKS5 - SG1 (Ziegeleschle)
M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich

Profil 1: RKS1 - RKS3 - RKS4 - RKS5 - SG1 (Ziegeleschle)

m ü. NN
578.00
577.00
576.00
575.00
574.00
573.00
572.00
571.00
570.00
569.00
568.00
567.00
566.00
565.00
564.00
563.00
562.00
561.00
560.00
559.00

m ü. NN
566.00
565.00
564.00
563.00
562.00
561.00
560.00
559.00

RKS1/19
577.737

RKS3/19
570.580

RKS4/19
570.285

RKS5/19
565.22

SG1/18
565.238

Mutterboden, Schluff
dunkelbraun, weich, stark feucht, schwach tonig, feinsandig (OU)
bis stark feinsandig, schwach humos bis humos, Bkl.1

Untere Süßwassermolasse, Schluff
graubigefleckt, halbfest, ab 3,0 m fest, tonig bis stark tonig, schwach sandig bis sandig, gering kiesig, kein Weiterkommen ab 3,2 m, Bkl.4 / ab 3 m Bkl. 6

Mutterboden, Schluff
dunkelbraun, weich, stark feucht, schwach tonig bis tonig, feinsandig bis stark feinsandig, schwach humos bis humos, Bkl.1 (OU)

Verwitterungslehm, Schluff
braun, weich bis steif, feucht, schwach tonig bis tonig, schwach sandig, gering kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Hangablagerungen, Schluff
braun, steif, lokal weich bis steif, feucht, tonig, schwach sandig, schwach kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Untere Süßwassermolasse, Ton
grau, steif, feucht, schluffig, schwach feinsandig bis feinsandig, Bkl.4 (TM)

Untere Süßwassermolasse, Schluff
graubige, halbfest bis fest, schwach feucht, schwach tonig bis tonig, gering sandig, kein Weiterkommen ab 3,1 m, Bkl.4 / 6 (UM/TM)

Mutterboden, Schluff
dunkelbraun, weich, stark feucht, schwach tonig bis tonig, feinsandig bis stark feinsandig, humos, Bkl.1 (OU)

Verwitterungslehm, Schluff
braun, weich bis steif, feucht, schwach tonig, schwach sandig bis sandig, gering kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Hangablagerungen, Schluff
braunbeige, steif, lokal weich bis steif, schwach tonig, stark sandig, gering kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Grundmoräne, Schluff
grauockerbeige, steif bis halbfest, feucht, schwach tonig, stark sandig, Bkl.4 (UL/TL/SU*)

Moränenkies, Fein- bis Grobkies
grau / graubraun, mitteldicht, stark feucht, gering schluffig, sandig bis stark sandig, schwach steinig bis steinig, Bkl.3 (GW/X)

Untere Süßwassermolasse, Schluff
graubige, fest, schwach feucht, tonig, schwach feinsandig, kein Weiterkommen ab 4,8 m, Bkl.4 (UM/TM)

Mutterboden (Ackerkrumme), Schluff
dunkelbraun, weich, stark feucht, schwach tonig bis tonig, feinsandig bis stark feinsandig, stark humos, Bkl.1 (OU)

Verwitterungslehm, Schluff
braun, weich bis steif, feucht, tonig, schwach sandig, gering kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Grundmoräne, Schluff
hellbraunbeige, steif, lokal weich bis steif, schwach tonig, sandig, gering kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Grundmoräne, Schluff
hellbraunbeige, steif, feucht, gering tonig bis schwach tonig, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, Bkl.4 (UL/SU*)

Moränenkies, Fein- bis Mittelkies
rostaun, locker bis mitteldicht, stark feucht bis nass, schwach schluffig, schwach sandig, Bkl.3 (GU)

Moränenkies, Fein- bis Grobkies
graubige, mitteldicht, nass, schluffig, stark sandig, Bkl.4 (GU*)

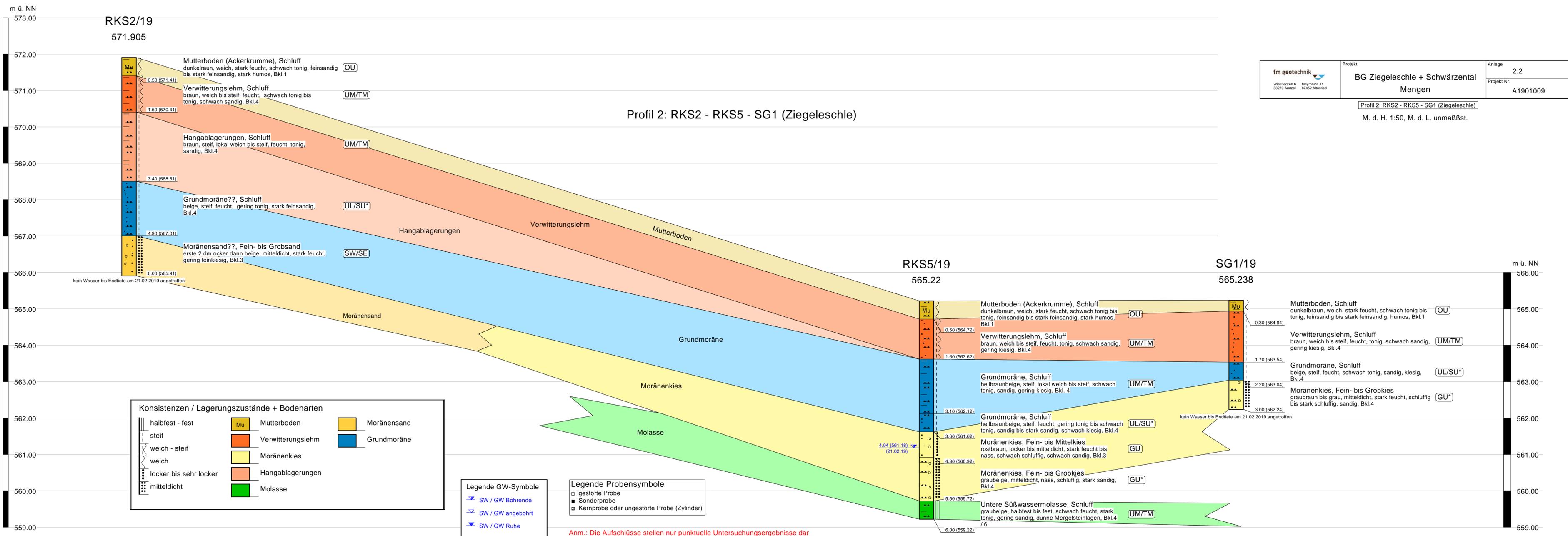
Untere Süßwassermolasse, Schluff
graubige, halbfest bis fest, schwach feucht, stark tonig, gering sandig, dünne Mergelsteinlagen, Bkl.4 / 6 (UM/TM)

Mutterboden, Schluff
dunkelbraun, weich, stark feucht, schwach tonig bis tonig, feinsandig bis stark feinsandig, humos, Bkl.1 (OU)

Verwitterungslehm, Schluff
braun, weich bis steif, feucht, tonig, schwach sandig, gering kiesig, Bkl.4 (UM/TM)

Grundmoräne, Schluff
beige, steif, feucht, schwach tonig, sandig, kiesig, Bkl.4 (UL/SU*)

Moränenkies, Fein- bis Grobkies
graubraun bis grau, mitteldicht, stark feucht, schluffig bis stark schluffig, sandig, Bkl.4 (GU*)



fm geotechnik <small>Wiesflecken 6 85279 Amtreil</small>	Projekt	Anlage
	BG Ziegeleschle + Schwärzenthal Mengen	
<small>Mayrhäide 11 87452 Altmünster</small>	Projekt Nr.	A1901009

Profil 2: RKS2 - RKS5 - SG1 (Ziegeleschle)

M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäb.

Profil 2: RKS2 - RKS5 - SG1 (Ziegeleschle)

	halbfest - fest		Mutterboden		Moränensand
	steif		Verwitterungslehm		Grundmoräne
	weich - steif		Moränenkies		
	weich		Hangablagerungen		
	locker bis sehr locker		Molasse		
	mitteldicht				

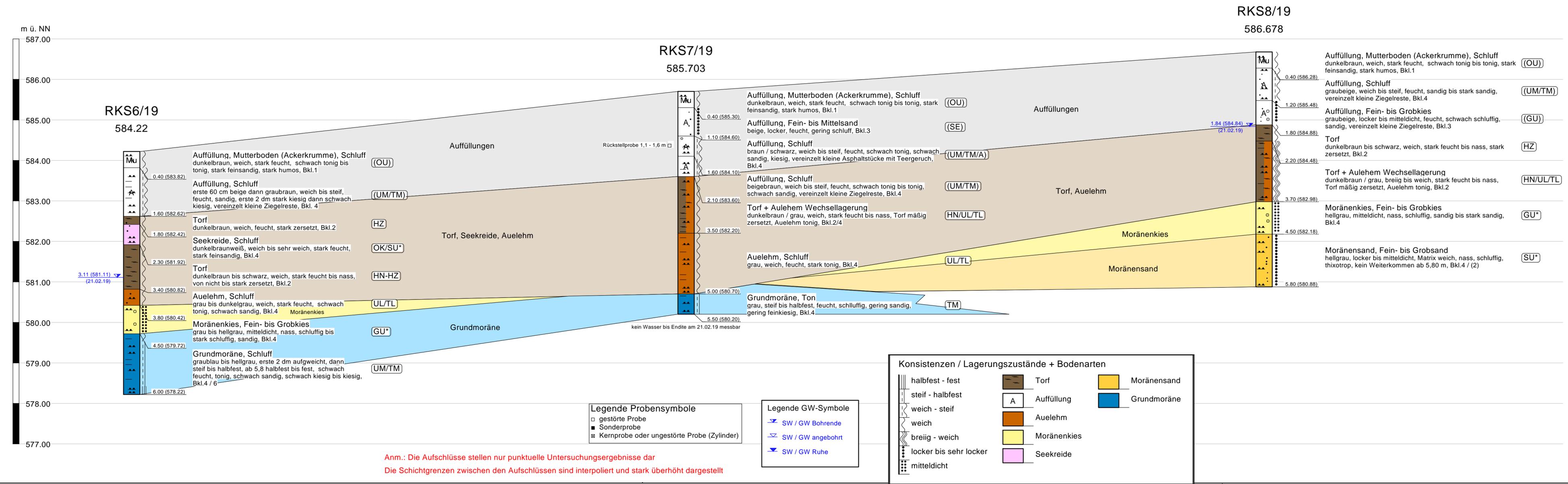
	SW / GW Bohrende
	SW / GW angebohrt
	SW / GW Ruhe

	gestörte Probe
	Sonderprobe
	Kernprobe oder ungestörte Probe (Zylinder)

Anm.: Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar.
Die Schichtgrenzen zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und stark überhöht dargestellt

Profil 3: RKS6 - RKS7 - RKS8 (Schwärzentäl)

Profil 3: RKS6 - RKS7 - RKS8 (Schwärzentäl)
M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäb.



Sickerversuch in einer Schürfgrube

mit dem Verfahren zur orientierenden Bestimmung der Gebirgsdurchlässigkeit nach der Empfehlung E 1-4 des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Projektnummer: A1901009
Projektname: BG Ziegeleschle + Schwärzental Mengen
Versuchsdatum: 29.11.2018
Schürfgrube SG1/18
Versuchsnummer: 1
Tiefe und Bodenart: 3,0 m u. GOK, Fein- bis Grobkies, schluff bis stark schluffig, sandig

Versuchsdaten Schurf:

Länge: 1,70 m
 Breite: 1,70 m
 Tiefe Sohle: 3 m unter Gelände
 Fläche Sohle: 2,89 m²
 Bezugsradius 0,96 m
 Wasserhöhe bei Versuchsbeginn: 0,600 m über Sohle
 Wasserhöhe bei Versuchsende: 0,590 m über Sohle

nach Prinz: $k_f = (2 * r * \Delta h) / (8 * \Delta t * h_m)$ (open-end-test mit fallendem Wasserspiegel)

Versuchsablauf und Auswertung

Wasserstand (m ü. Sohle)	t [min]	t [sek]	delta t [sek]	hm [m]	delta h [m]	k _f [m/s]
0,600	0,0	0,0	0,00	0,60000	0,000	
0,595	12,0	720,0	720,00	0,59750	0,005	2,79E-06
0,590	32,0	1920,0	1200,00	0,59250	0,005	1,69E-06
Mittelwert:						2,24E-06

Anmerkungen:

kf - Bemessungswert nach DWA A-138:
 2,24 E-06 m/s x 2 = 4,48 E-06 m/s