Dr. Ebel & Co.
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
und Wasserwirtschaft mbH

Dr. Ebel & Co. GmbH, St.-Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach

Geotechnik Baugrunduntersuchungen Erdstatik
Gründungsberatung Hydrogeologie Steine-Erden

Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
E-Mail info@geotechnik-ebel.de

Geotechnisches Standortgutachten

Gewerbegebiet Malaienstraße in Pfullendorf-Denkingen

bearbeitet im Auftrag der

Stadt Pfullendorf
Kirchplatz 1
88630 Pfullendorf

Bad Wurzach-Arnach, den 27.03.2023

Projektnummer:230106-1

Geschäftsführer:
Dipl.-Geol. Norbert Dostler
Dr.-Ing. Olaf Düser
Dipl.-Geol. Peter Lath
Dipl.-Ing. Stefan Niefer
Dr. rer. nat. Michael Strohmenger

Zweigstelle Bayern:
Leiterberg 5a
87488 Betzigau
Tel. 08304 / 9298-26
Fax. 08304 / 9298-36

Bankverbindung:
Volksbank Biberach eG
IBAN:
DE 74 63 0901 0001 4284 6007
BIC: ULM VDE 66

Sitz: Bad Wurzach – Arnach
Gerichtsstand: Leutkirch i. A.
Handelsregister: HRB 610617
Steuernummer: 91060/31136

Inhalt

1 Vorgang und Veranlassung
2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge
3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche
4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte
5 Grundwasserverhältnisse
6 Bestimmung der Durchlässigkeit
7 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten
8 Geotechnische Standortbeurteilung

Anlagen

Lagepläne
1.1 Übersichtslageplan mit Topographischer Karte M 1:25.000
1.2 Übersichtslageplan mit Reliefkarte M 1:25.000
1.3 Lageplan mit Erschließungsplanung M 1:2.000
1.4 Lageplan mit Luftbild M 1:2.000

Aufschlüsse / Profile
2.1-16 Geotechnische Profile M d. H. 1:50
2.17 Geologischer Schnitt M d. H. 1:100 / M d. L. 1:1.000

Feldversuche
3.1-2 Eingießversuche in den Baggerschürfen

Bodenmechanische Laborversuche
4.1 Wassergehaltsbestimmmung nach DIN 18121
4.2 Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

Isoliniendarstellungen
5.1 Lageplan mit Höhenlage OK Verwitterungskies (m u. GOK) M 1:2.000
5.2 Lageplan mit Höhenlage OK Molasse (m u. GOK) M 1:2.000
5.3 Lageplan mit Höhenlage OK Molasse (m NN) M 1:2.000

Beilagen

1 Auszug aus Geologischer Karte 1:25.000 8121 Heiligenberg (eine Seite)
2 Auszug aus Aufschlussdatenbank [U4], ein Aufschluss (eine Seite)
3 Auszug aus dem geotechnischen und abfalltechnischen Bericht [U3], vier Aufschlüsse (zwei Seiten)

Unterlagen

[U1] INGENIEURBÜRO KARCHER GMBH, EHINGEN: Stadt Pfullendorf, Gemarkung Denkingen, Gewerbegebiet Malaienstraße, Bebauungsplan Fassung vom 27.10.2022; PDF + DXF per E-Mail übermittelt durch Stadt Pfullendorf am 18.01.2023

[U2] DR. EBEL & CO. GMBH, BAD WURZACH:
a) Pfullendorf-Denkingen, Gewerbegebiet Malaienstraße, Zusammenstellung der Ergebnisse der Datenrecherche AZ 230106 vom 16.01.2023
b) Neubau Mehrzweckhalle in Denkingen, Geotechnischer Kurzbericht AZ 091108 vom 01.12.2009
c) Baugebiet Sägadern in Denkingen, Geotechnisches Standortgutachten AZ 180811 vom 26.11.2018

[U3] GEOPRO GMBH, STOCKACH: Stadt Pfullendorf, Gemarkung Denkingen, Ortsteil Denkingen, Gewerbegebiet „Malaienstraße“ Erschließung und Versickerung, 1. Geotechnischer und abfalltechnischer Bericht vom 18.04.2013; PDF per E-Mail übermittelt durch Stadt Pfullendorf am 16.01.2023

[U4] LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (LGRB), FREIBURG:
a) Aufschlussarchiv, zehn Aufschlüsse
b) Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (ISONG)
c) Kartenviewer, verschiedene Karten zu den Themen Geologie, Bodenkunde, Hydrogeologie etc., abgerufen unter https://maps.lgrb-bw.de/

[U5] LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW), KARLSRUHE: Daten- und Kartendienst, verschiedene Karten und Daten zu den Themen Grundwasser, Wasserschutzgebiete etc.

[U6] LANDRATSAMT SIGMARINGEN: Rechtsverordnung des Landratsamtes Sigmaringen vom 09.11.1988 zur Festsetzung des Gemeinsamen Wasserschutzgebietes „Andelsbachtal“

[U7] GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Geologische Karte M 1:25.000, Blatt Nr. 8121 Heiligenberg

Normen, Richtlinien und Merkblätter

DIN EN 1610	Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen
DIN EN 1997	Eurocode 7: „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1 Allgemeine Regeln“, mit nationalem Anhang DIN EN1997-1/NA sowie die DIN 1054 „Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ mit Änderungen A1 + A2
DIN EN 1998	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
DIN 4095	Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung
DIN 4124	Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
DIN 4149	Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
DIN 18533	Abdichtung von erdberührten Bauteilen
DIN 19639	Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben
DIN 18915	Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten
DIN 19731	Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial
BauGB	Baugesetzbuch (BauGB)
DWA-A 138	Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V
DWA Kom.	DWA-Kommentar zum DWA-Regelwerk Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EAB	Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB); Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.)
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen vom BUMV
RStO 12	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
ZTV E-StB	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

1 Vorgang und Veranlassung

Die Stadt Pfullendorf beabsichtigt, an der Malaienstraße im Ortsteil Denkingen ein Gewerbegebiet zu erschließen. Die Planungen zu diesem Vorhaben führt das Ingenieurbüro Karcher GmbH, Ehingen, aus. Die Dr. Ebel & Co. GmbH, Bad Wurzach, wurde mit der Baugrunderkundung und der hydrogeologischen und geotechnischen Begutachtung beauftragt.

In einem ersten Schritt wurde eine umfangreiche Datenrecherche durchgeführt, die unter anderem die Themen Baugrund, Geologie und Grundwasser umfasste. Wesentliche Erkenntnisse der Recherche sind in [U2a] zusammengestellt.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 31.01.2023 und 09.02.2023 folgende Felduntersuchungen durchgeführt:

- Geotechnische Aufnahme und Beprobung von 16 Baggerschürfen SG1-16/23,

  Anm.: Die Baggerarbeiten wurden von der Fa. Teuber-Mietservice, Pfullendorf, ausgeführt.
- Installation einer 2“-Stahl-Grundwassermessstelle GWM1/23 im Baggerschurf SG4/23,
- Durchführung von zwei Sickerversuchen SV1-2/23,
- Durchführung von fünf Rammsondierungen DPH1-5/23 (Schwere Rammsonde nach EN ISO 22476-2).

Die Rammsondierungen dienen der Beurteilung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit der Bodenschichten und kamen zur Korrelation mit dem anstehenden Untergrund neben den Schürfgruben im Bereich der geplanten Erschließungsstraße zur Ausführung.

Die Aufschlusspunkte wurden mittels GPS (RTK-Fix-Genauigkeit 1-2 cm) eingemessen. Sie sind in den Lageplänen in den Anlagen 1.3-4 eingetragen. Die Höhen der Aufschlüsse sind den Profilen im Anlagenteil 2 zu entnehmen.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Untersuchungen wurde der Oberboden in mehreren Teilfeldern beprobt. Die Ergebnisse der Oberboden-Untersuchungen werden in einem gesonderten Gutachten beschrieben.

Die Auswertungen der Sickerversuche sind in den Anlagen 3.1-2 dargestellt.

An mehreren exemplarischen Bodenproben wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Ergebnisse hierzu sind im Anlagenteil 4 zusammengestellt.

2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge

Geographische Situation

Geomorphologisch befindet sich das Projektgebiet entsprechend der Darstellung in den Übersichtslageplänen, Anlagen 1.1-2, an der Einmündung des Malaientals in das Andelsbachtal. Die zu erschließenden, knapp 6 ha großen Flächen grenzen im Nordosten an die Ortslage des Ortes Denkingen an. Das momentan ackerbaulich genutzte Gelände liegt nordwestlich der Malai-

enstraße und umfasst die kompletten Flurstücke 330, 330/1 und 331 sowie Randbereiche der Flurstücke 328 und 386, alle Gemarkung Denkingen. Das geplante Gewerbegebiet liegt nahezu eben und weist nur sehr geringe Höhenunterschiede von wenigen Metern auf.

Geologische Situation

Der tiefere Untergrund besteht aus Sand- und Mergelsteinen der Oberen Süßwassermolasse, die im Tertiär in einem Senkungstrog am Rand der sich zum Hochgebirge entwickelnden Alpen abgelagert wurden. Die Molasse ist oberflächennah zu Sanden und Mergeln / Schluffen entfestigt.

Die landschaftliche Prägung des Untersuchungsgebiets erfolgte während der quartären Vorlandvereisungen, als der Rheingletscher wiederholt in die Gegend um Pfullendorf vorstieß. Bei dem Andelsbachtal und dem Malaiental handelt es sich um kaltzeitliche Erosionsrinnen, die laut Geologischer Karte 1:25.000 letztmalig während der würmglazialen Vereisungsphase von Schmelzwässern durchströmt wurden (s. Beil. 1). Dabei kamen überwiegend sandig-kiesige Sedimente zum Absatz, die die nahen Eismassen mitführten und von den abfließenden Schmelzwässern im Untersuchungsgebiet abgelagert wurden.

Anm.: Die Geologische Karte 1:25.000 weist für das Untersuchungsgebiet einen würmglazialen Schotter aus. Aufgrund der relativ großen Mächtigkeit der Verwitterungsdecke auf den Kiesen ist jedoch auch eine Ablagerung der Kiese während einer älteren Kaltzeit denkbar.

Seit dem Rückzug der Gletscher unterliegen die Schmelzwasserkiese dem Einfluss von Umlagerung und Verwitterung. Mit der Zeit kam es zur Bildung einer verbraunten, lehmig-kiesigen Verwitterungsdecke auf dem unverwitterten Ausgangssubstrat.

Im Nahbereich der Straße kann das natürliche Schichtprofil durch Auffüllungen ersetzt bzw. ergänzt worden sein.

Schichtenfolge

Entsprechend der beschriebenen geologischen Situation wurde mit den Baggerschürfen das folgende Grundsatzprofil erschlossen (s. Geotechnische Profile, Anl. 2):

- Oberboden	Rezent	**Homogenbereich A**
- Verwitterungslehm	Pleistozän - Holozän	**Homogenbereich B**
- Verwitterungskies	Pleistozän - Holozän	**Homogenbereich C**
- Schmelzwasserkies	Pleistozän, Würm	**Homogenbereich D**
- Obere Süßwassermolasse	Tertiär, Miozän	**Homogenbereich E**

Die natürliche Stärke des humosen **Oberbodens** (Ackerboden) liegt zumeist in der Größenordnung von 0,35 – 0,40 m.

Der **Verwitterungslehm** steht bis in Tiefen von 0,8 – 2,3 m an.

Unter den verwitterten Lehmen steht **Verwitterungskies** an. Die kiesige Verwitterungszone reicht bis in Tiefen von 1,7 – 3,4 m.

Unverwitterter **Schmelzwasserkies** steht im zentralen Bereich des Malaientals, also im südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebiets, in Mächtigkeiten von mehreren Metern an. Die Kiese füllen eine kaltzeitliche Erosionsrinne aus, deren Tiefpunkt in der Mitte des Malaientals, also etwa im Bereich der Malaienstraße, zu vermuten ist. Hier weist der Schmelzwasserkies die größten Mächtigkeiten auf, während er zum Hang hin auskeilt. In den nahe am Hangfuß gelegenen Schürfen SG3-5-6-7 und in SG14 wurden die unverwitterten Kiese nicht angetroffen, während die Schichtstärken in den etwas weiter südöstlich gelegenen Schürfen SG4-8-12-13 nur wenige Dezimeter betragen. In den im zentralen Talbereich liegenden Schürfen SG1-2-9-10-11-15-16 bildet der Schmelzwasserkies die letzte erkundete Schicht. Laut dem Altaufschluss Nr. 124 (s. Beil. 2) reicht der Kies bis in eine Tiefe von 10,5 m.

In den nordwestlich gelegenen Schürfen SG3-4-5-6-7-8-12-13-14 wurde die **Obere Süßwassermolasse** als tiefste Schicht aufgeschlossen. Die Molasse steht ab Tiefen von 2,9 m an und setzt sich zur Tiefe mächtig fort. Nach der LGRB-Bohrung Nr. 124, in der die Molasse in einer Tiefe von 10,5 m unter Gelände angetroffen wurde, nimmt der Flurabstand der Molasseoberkante mit zunehmender Entfernung vom Hang zu.

Die geologischen Verhältnisse und Schichtmächtigkeiten können anhand des exemplarischen Profilschnitts in Anlage 2.17 nachvollzogen werden. Die Tiefenlage der Oberkanten des Verwitterungskieses und der Molasse sind in den Konturkarten in den Anlagen 5.1-3 visualisiert.

Anm.: Bei den Isoliniendarstellungen handelt es sich um rechnerische Interpolationen, die einen generellen Eindruck von den Schichtverhältnissen liefern sollen. Die Stützpunkte der Interpolationen bilden die direkten Aufschlüsse. Mit zunehmender Entfernung von den Stützpunkten ist die Höhenlage der jeweiligen Schichtgrenzen mit einiger Unsicherheit behaftet.

3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche

Die im Rahmen der Baugrunderkundung erschlossenen Schichten können als „geologische Homogenbereiche“ betrachtet werden. Je nach Gewerk sind diese zu unterschiedlichen „bautechnischen Homogenbereichen“ zusammenzufassen bzw. zu unterteilen.

Die erkundeten Schichten sind aus geotechnischer Sicht wie folgt zu beschreiben:

Oberboden (Homogenbereich A)

Der Oberboden ist in Anlage 2 nach geotechnischen Gesichtspunkten beschrieben.

Oberboden fällt nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300 – Erdarbeiten. Gemäß DIN 18320 – Landschaftsbauarbeiten stellt er jedoch einen eigenen Homogenbereich dar.

Für die bautechnische Bewertung wird der Oberboden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Allerdings ist er nach § 202 BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen, so dass im Zuge der Planung ein Verwendungskonzept für den

Oberboden zu erstellen ist. Die geochemischen Untersuchungen des Oberbodens werden in einem gesonderten Gutachten erläutert.

Aus bodenkundlicher Sicht entspricht der intensiv belebte und mit Humus angereicherte Oberboden dem A-Horizont.

Verwitterungslehm (Homogenbereich B)

Der zumeist rotbraune, seltener gelbbraune oder braungraue Verwitterungslehm stellt das Verwitterungsprodukt der unterliegenden Kiese dar. Aus bautechnischer Sicht handelt es sich um sandige, zumeist schwach tonige Schluffe. Die bindige Verwitterungsdecke enthält in stark schwankendem Umfang Grobkomponenten, so wurden sowohl kiesarme Varietäten als auch stark kiesige Lehme bis hin zu Schluff-Kies-Gemengen (Übergang zum Verwitterungskies) angetroffen. Im Allgemeinen nimmt der Grobkornanteil in den Lehmen, die in wechselndem Umfang mit größeren Steinen und sogar einzelnen Blöcken durchsetzt sind, zur Tiefe hin zu.

An ausgewählten Bodenproben des Verwitterungslehms aus den Schürfen im Bereich der geplanten Erschließungsstraße wurden die natürlichen Wassergehalte in der Gesamt- und Feinfraktion (< 2 mm) bestimmt (s. Anl. 4.1). Die Wassergehalte in der Gesamtfraktion bewegen sich zwischen 18,0 und 25,6 Massen-%. In der Fraktion < 2 mm wurden Wassergehalte zwischen 19,6 und 34,4 Massen-% gemessen.

Im Gegensatz zum unterliegenden Verwitterungskies weist der Verwitterungslehm durchgehend eine plastische Grundmasse („matrixgestützt“) auf, die die bautechnischen Eigenschaften der Schicht bedingt. Die Konsistenz der Lehme wurde nach manueller Prüfung als weich bis steif eingeschätzt. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die Zustandsform vom Wassergehalt abhängig ist und oberflächennah jahreszeitlichen bzw. niederschlagsbedingten Schwankungen unterworfen ist.

Der Verwitterungslehm ist ein nässe- und frostempfindlicher Boden, der nur eine geringe Tragfähigkeit besitzt und bei Belastung deutliche Setzungen zulässt.

Aus bodenkundlicher Sicht bilden die obersten, belebten Schichten der Verwitterungsdecke den B-Horizont. Erfahrungsgemäß beträgt die Mächtigkeit des B-Horizonts oftmals etwa 0,5 – 1,2 m; sie kann jedoch stärker variieren. Der Verwitterungslehm ist in seiner Gesamtmächtigkeit damit nicht automatisch dem B-Horizont gleichzusetzten. Für eine genaue Abgrenzung des B-Horizonts sind bodenkundliche Untersuchungen notwendig.

Verwitterungskies (Homogenbereich C)

Bei dem rotbraun bis graubraun gefärbten Verwitterungskies handelt es sich genetisch um das Verwitterungsprodukt des unterliegenden Schmelzwasserkieses. Er ist als weitgestufter, sandiger Kies zu beschreiben, der in geringem bis mäßig hohem Umfang mit Steinen durchsetzt ist und auch Blöcke enthält. Der Feinkorngehalt der verwitterten Kiese schwankt stark, so wurden in den Baggerschürfen schwach schluffige bis schluffige Spielarten (Übergang zum unverwitterten Schmelzwasserkies) sowie stark schluffige Varianten bis hin zum Kies-Schluff-Gemenge (Übergang zum Verwitterungslehm) angetroffen. Im Allgemeinen bauen die Grobkomponenten

ein stützendes Korngerüst auf; feinkornreiche Zonen können jedoch auch matrixgestützte Bereiche aufweisen.

In Anlage 4.2 sind zwei exemplarische Korngrößenverteilungen des Verwitterungskieses dargestellt. Nach den Sieb-Schlämm-Analysen handelt es sich jeweils um sandige Fein- bis Grobkiese mit Feinkorngehalten zwischen etwa 12 Massen-% (Mischprobe aus den Schürfen SG1 und SG2) und 18 Massen-% (Mischprobe aus den Schürfen SG3 und SG4). Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei der Laborbestimmung die nicht unbeträchtlichen Anteile an Steinen und Blöcken nicht mit erfasst wurden. Das Sediment ist insgesamt als recht grobkörnig zu beschreiben.

Den Rammsondierungen zufolge ist der Lagerungszustand der Verwitterungskiese meist als mitteldicht bis dicht, allenfalls am Top als locker zu klassifizieren (s. Tab. 1). Extreme Schlagzahlspitzen sind auf die Existenz von Steinen und Blöcken zurückzuführen. Matrixgestützte Bereiche weisen eine meist weiche Konsistenz auf.

Der Verwitterungskies bildet einen mäßig tragfähigen Untergrund, der aufgrund der hohen Feinkorngehalte als frost- und nässeempfindlich zu beurteilen ist.

Tabelle 1: Lagerungsdichte / Schlagzahlen DPH für weitgestufte Kies-Sand-Gemische nach DIN 4094 / DIN 1055-2

Lagerungsdichte		über Grundwasser N_{10}	im Grundwasser N_{10}
Locker	0,15 < D ≤ 0,30	0 - 7	0 - 2
Mitteldicht	0,30 < D ≤ 0,50	8 - 17	3 - 10
Dicht	0,50 < D ≤ 0,75	> 17	> 10

Schmelzwasserkies (Homogenbereich D)

Der graue, unverwitterte Schmelzwasserkies kam während der letzten Kaltzeiten zum Absatz, als die Schmelzwässer der nahen Gletscher die Talsysteme von Malaiental und Andelsbachtal durchströmten und unter hohen Fließgeschwindigkeiten grobkörnige Sedimente ablagerten. Er ist als weitgestufter, sandiger bis stark sandiger Kies mit geringen bis mäßig hohen Feinkornanteilen zu beschreiben. Er enthält in wechselndem Umfang Steine und Blöcke, die lokal auch in größeren Anreicherungen auftreten und ein Baggerhindernis darstellen können. In den oberen Dezimetern können die Schmelzwasserkiese noch leicht angewittert sein und tendenziell etwas höhere Feinkorngehalte aufweisen, während zur Tiefe auch nahezu feinkornfreie Lagen vorkommen. Genetisch bedingt ist auch die Existenz von kiesarmen Sand-Zwischenlagen sowie sandarmen „Rollkieslagen“ möglich.

An einer Mischprobe aus den Schürfen SG1 und SG2 wurde die Korngrößenverteilung bestimmt (Anl. 4.2), wonach der Feinkorngehalt des sandigen Fein- bis Grobkieses bei 7 Massen-% liegt. Auch hier ist der nicht miterfasste Stein- und Blockanteil zu berücksichtigen.

Der unverwitterte Kies liegt den Rammsondierungen zufolge in dichter Lagerung vor (vgl. Tab. 1). Er konnte allerdings aufgrund des hohen Anteils an Steinen und Blöcken, die sich in

extremen Schlagzahlspitzen äußern, nicht bis in größere Tiefen durchörtert werden. Aufgrund des teilweise sehr feinkornarmen bzw. rolligen Materials brachen die Schurfwände des Öfteren stark nach.

Die Schmelzwasserkiese bilden einen gut tragfähigen Untergrund, der nur geringe Setzungen zulässt. Das Material ist als mäßig bis gering nässe- bzw. frostempfindlich zu klassifizieren.

Obere Süßwassermolasse (Homogenbereich E)

Genetisch handelt es sich bei der Oberen Süßwassermolasse um eine feinkörnige Sedimentfolge, die in präglazialen Seen oder Flüssen zur Ablagerung gelangt ist. Sie stellt sich heute als Wechselfolge von Mergel- und Sandsteinen dar, die geländenah zu Mergeln und Sanden mit eingelagerten Hartbänken entfestigt ist.

Die Molasse liegt im Untersuchungsgebiet in zwei Varietäten vor. Der Molassemergel ist ein feinsandiger, teilweise schwach toniger Schluff grünlich grauer oder beigegrauer Farbe, in dem bereichsweise die Existenz von Kalkkonkretionen registriert wurde. Er weist nach manueller Prüfung eine steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Bei dem Molassesand handelt es sich nach der in Anlage 4.2 dargestellten Körnungslinie um einen schwach schluffigen bis schluffigen Fein- bis Mittelsand, der eine zumeist gelbgraue oder seltener grünlich graue Farbe aufweist.

Wie das Rammdiagramm DPH4 nahelegt, sind in nicht allzu großer Tiefe durchaus bereits stärker verfestigte Partien (festkonsistente Mergel, Mergel- und Sandsteine) zu erwarten.

Die Molasse bildet im Untersuchungsgebiet einen tragfähigen, setzungsarmen Untergrund. Das Material ist jedoch als stark frost- und nässeempfindlich einzustufen.

4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte

Die erschlossenen Böden sind wie folgt erdbautechnisch zu klassifizieren:

Tabelle 2: Erdbautechnische Klassifizierung

	Bodengruppe DIN 18196 06/2006	Bodenklasse A) DIN 18300 09/2012	Bodenklasse B) DIN 18301 09/2012	Frostempfindlichkeit ZTVE-StB 17
Verwitterungslehm	TL, GU*, (X, Y)	4, (5) 1)	BB2, (BS1, BS3)	F3
Verwitterungskies	GU*, GU, TL, (SU*), X, Y	4, 3, 5 1)	BN2, BN1, BS1, BS3 (BB2), (Blöcke > 0,6 m)	F3, F2
Schmelzwasserkies	GU, GW, (GU*), X, Y	3, (4), 5 1)	BN1, (BN2), BS1, BS3 (BB2), (Blöcke > 0,6 m)	F2, F1, (F3)
Molasse	TL, TM, SU, SU* Fels	4, 3, 6	BB2-4, BN2 FV1-6, FD1-2	F3, F2

[1)] bei Anreicherungen von Steinen und Blöcken

[A)] *Anm.: Nach DIN 18300 sind seit Ausgabe 09/2016 Homogenbereiche anzugeben, die in unserem Gutachten durch die gewählte, geologisch orientierte Schichtenfolge abgedeckt sind. Bodenklassen sind nicht mehr enthalten. Da der überwiegende Teil der am Bau Beteiligten mit den „alten" Bezeichnungen vertraut ist und diese auch bevorzugt für die Kalkulation und Arbeitsvorbereitung benutzt, wird diese Klassifizierung informativ weiter beibehalten. Gegebenenfalls können von uns in Zusammenarbeit mit dem Ausschreibenden auch gewerkspezifische Homogenbereiche erarbeitet werden.*

[B)] *Anm.: Für die DIN 18301 gibt es ebenso seit 09/2016 eine neue Ausgabe mit Homogenbereichen. Hier gilt das oben Genannte sinngemäß.*

Für erdstatische Berechnungen dürfen die nachfolgend aufgeführten, geschätzten Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 3: Bodenkennwerte (charakteristisch)

	Wichte (feucht/u. Auftrieb) γ_k/γ'_k (kN/m³)	Reibungswinkel φ'_k (°)	Kohäsion c'_k (kN/m²)	Steifemodul $E_{S,k}$ (MN/m²)
Verwitterungslehm	19/9-20/10	25-27,5	1-3	2-6
Verwitterungskies	19/10-20/11	30-32,5	0-2	6-25
Schmelzwasserkies	21/13-22/14	35-37,5	0	25-80
Molassesand	20/12-21/13	32,5-35	0-1	10-30
Molassemergel	20/10-21/11	25-27,5	3-8	10-20

Das untersuchte Gebiet ist im Hinblick auf Erdbeben geotechnisch wie folgt einzustufen:

Tabelle 4: Erdbebenklassifizierung nach DIN 4149 / DIN EN 1998-1 + NA

Erdbebenzone	Untergrundklasse	Baugrundklasse
2	S	B

5 Grundwasserverhältnisse

In den Baggerschürfen und den Sondierkanälen der Rammsondierungen wurde kein Grundwasserzulauf beobachtet. Auch in der 2"-Messstelle GWM1 wurde an mehreren Mess-Terminen (Messungen am 31.01., 09.02. und 03.03.2023) kein Wasserstand gemessen. Die allgemeine Grundwassersituation ist wie folgt einzuschätzen:

Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet ist der Schmelzwasserkies. Bis zur maximalen Erkundungstiefe von 4,1 m unter Gelände wurde kein Grundwasser aufgeschlossen. Es ist davon auszugehen, dass der Schmelzwasserschotter eine dem Andelsbach zulaufende rinnenförmige Struktur bildet (s. geologischer Schnitt, Anl. 2.17) und nur in den untersten Metern wassergesät-

tigt ist. Eindringendes Niederschlagswasser durchsickert die Deckschichten und sammelt sich an der Basis der Schmelzwasserkiese, wo es dem Molasserelief (Grundwassersohlschicht) folgend nach Nordosten strömt. Über die Höhenlage des Grundwasserspiegels liegen keine genauen Kenntnisse vor, grob geschätzt darf von einem Flurabstand von 6-9 m ausgegangen werden. Detaillierte Informationen können durch den Bau von Grundwassermessstellen gewonnen werden.

Im Andelsbachtal existiert ein ausgedehntes Grundwassersystem, das an verschiedenen Stellen zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. Das Malaiental stellt ein Tributär des Andelsbachtals dar und entwässert folglich dorthin. Nach der Rechtsverordnung des Trinkwasserschutzgebiets „Andelsbachtal“ aus dem Jahr 1988 befindet sich das geplante Erschließungsgebiet in der Schutzzone III B. Bei den weiteren Planungen sind im Sinne des Grundwasserschutzes die in [U6] genannten Auflagen zu beachten.

6 Bestimmung der Durchlässigkeit

Zur Ermittlung der Durchlässigkeiten in den oberflächennahen Schichten wurden zwei Sickerversuche in den Baggerschürfen SG2 und SG4 durchgeführt. Die Sickversuche fanden in Tiefen von 1,3 m bzw. 1,5 m unter Gelände im Verwitterungskies statt.

Die Versuchsdaten sind den Diagrammen der Anlagen 3.1-2 zu entnehmen. Die Sickerversuche wurden nach USBR ($kf_{USBR(mittel)}$) gemittelt pro Intervall ausgewertet.

Des Weiteren wurden Durchlässigkeitsbeiwerte aus den Kornverteilungen von vier Proben nach der Formel von BEYER ($k_f = c \cdot d_{10}^2$) abgeschätzt (Anl. 4.2).

Die Auswertung der Feld- und Laborversuche kommt zu folgenden Ergebnissen:

Tabelle 5: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte kf

Versuch	SV1	SV2	KV	KV	KV	KV
Schurf Nr.	SG2	SG4	SG1-2	SG1-2	SG3-4	SG3-4-5
Schicht	VK	VK	VK	SK	VK	MS
Versuchstiefe (m u. GOK)	1,3	1,5	2,5 / 2,2	3,0 / 3,5	2,4 / 1,8	3,4 / 3,4 / 3,5
Durchlässigkeit k_f m/s	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3{,}1 \cdot 10^{-6}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$2{,}6 \cdot 10^{-7}$	$1{,}3 \cdot 10^{-5}$

SV: Sickerversuch, KV: Korngrößenverteilung, VK: Verwitterungskies, SK: Schmelzwasserkies, MS: Molassesand

Anm.: Der Versuch SV2 war aufgrund des hohen Anteils an grobem Material leicht umläufig, weswegen die ermittelte Durchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-4}$ m/s als zu hoch einzuschätzen ist.

Der Verwitterungslehm weist durchgehend eine aus den Feinteilen bestehende Grundmatrix auf, so dass dieser Boden als gering bis sehr gering durchlässig ($k_f < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s) einzuschätzen ist.

Den Versuchsergebnissen zufolge ist der Verwitterungskies im Sinn von DIN 18130 als gering durchlässig ($k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s) bis durchlässig ($k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s) zu klassifi-

zieren. Feinkornreichere Zonen und insbesondere matrixgestützte Bereiche sind erfahrungsgemäß als gering durchlässig einzuschätzen, während feinkornärmere Bereiche noch als durchlässig zu beurteilen sind.

Die Durchlässigkeit des unterlagernden Schmelzwasserkieses ist in der Größenordnung von etwa $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s und damit deutlich höher einzuschätzen. Im Sinne von DIN 18130 sind die unverwitterten Kiese als durchlässig ($k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s) bis stark durchlässig ($k_f = 1 \cdot 10^{-2}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s) zu klassifizieren.

Die Durchlässigkeit der Molassesand-Mischprobe wurde anhand der Korngrößenverteilung zu etwa $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s bestimmt. Der Molassesand ist damit als durchlässig einzuschätzen.

7 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten

<u>Eingangsparameter</u>

- Das Projektgebiet befindet sich in der Schutzzone IIIB des Wasserschutzgebiets „Andelsbachtal“ und unterliegt der zugehörigen Schutzgebietsverordnung (s. [U6]).
- Eingangsvoraussetzung für die Errichtung von Versickerungsanlagen ist, dass sich im Einflussbereich keine Verunreinigungen, insbesondere Altlasten mit hohem Freisetzungspotential befinden, die nachteilige Veränderungen des Grundwassers hervorrufen können.
- Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt weiterhin einen ausreichenden Abstand von der Grundwasseroberfläche voraus. Die Mächtigkeit des Sickerraums soll im Normalfall mindestens 1 m betragen, das heißt, es ist ein Abstand von 1 m zum mittleren höchsten Grundwasserstand einzuhalten.
- Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Aufnahme kann direkt erfolgen oder verzögert über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen der Sickeranlage. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 soll der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung geplant ist, zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ und $1 \cdot 10^{-3}$ m/s liegen.

<u>Beurteilung</u>

- Nach [U6] ist das „Versenken und punktuelle Versickern von Abwasser einschließlich des von Straßen und sonstigen Verkehrsflächen abfließenden Niederschlagswassers sowie Kühlwasser“ verboten. Inwieweit die Versickerung von Niederschlagswasser über eine dem heutigen technischen Standard entsprechende Versickerungseinrichtung mit reinigender belebter Bodenzone zulässig ist, ist mit der zuständigen Behörde (Landratsamt Sigmaringen) abzustimmen.
- Nach den ausgeführten Untersuchungen ist der altlasttechnische Aspekt nicht relevant.
- Der Abstand zum Grundwasserspiegel ist für Versickerungsmulden unproblematisch.
- Der Verwitterungslehm ist zur Versickerung ungeeignet.

- Der Verwitterungskies ist nur bedingt zur Versickerung geeignet. Bei der Bemessung von Versickerungsanlagen darf für den Verwitterungskies im Bereich der Schürfe SG1-2 ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 3 \cdot 10^{-6}$ m/s angesetzt werden. Im Bereich der Schürfe SG3-4 ist für den Verwitterungskies ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 3 \cdot 10^{-7}$ m/s anzusetzen, was nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 nicht mehr als ausreichend durchlässig gilt. Für den unverwitterten, gering schluffigen Schmelzwasserkies darf eine Durchlässigkeit von $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s in Ansatz gebracht werden. Generell nimmt die Durchlässigkeit in den Kiesschichten mit zunehmender Tiefe bzw. abnehmendem Feinkorngehalt zu.
- Der Molassesand weist mit $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s prinzipiell eine zur Versickerung ausreichende Durchlässigkeit auf. Da sich Molassesand und der nahezu undurchlässige Molassemergel unregelmäßig abwechseln können, ist eine flächige Ausbreitung sowie eine ausreichende Mächtigkeit durchlässiger Bereiche zur Tiefe hin nicht gesichert.
- Beim Bau von Versickerungseinrichtungen im Verwitterungskies ist darauf zu achten, dass die Oberfläche des Kieses nicht mit feinkornreichem Material „verschmiert“ wird. Bindige / matrixgestützte Bereiche sind auszutauschen. Des Weiteren wird empfohlen, beim Bau von Sickeranlagen, deren Sohle im Verwitterungskies zu liegen kommt, hin und wieder „Sickerschlote“ aus durchlässigem Kies vorzusehen, die an den unverwitterten Schmelzwasserkies anbinden.
- Im südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebiets – etwa südöstlich der Linie SG11 – SG15 - steht zur Tiefe flächendeckend der gut durchlässige Schmelzwasserkies in größerer Mächtigkeit an. Im nordwestlichen Bereich keilt der Schmelzwasserkies aus, so dass im Bereich der Schürfe SG3-4 nur noch wenige Dezimeter Restmächtigkeit vorhanden sind. Es wird empfohlen, dies bei den weiteren Planungen zu berücksichtigen und die Sickeranlagen im Bereich der Talmitte einzurichten. Sollte der in den jetzigen Planungen als Versickerungsfläche vorgesehene Standort im Bereich der Schürfe SG3-4 dennoch realisiert werden, ist die Verbreitung und Mächtigkeit des hier auskeilenden Schmelzwasserkieses genauer zu untersuchen. Zusätzlich ist ein Notüberlauf vorzusehen.

8 Geotechnsiche Standortbeurteilung

8.1 Baugebiet und Baugrund

In der Anlage 1.3 ist der Bebauungsplan des Gewerbegebietes (Straßen, Bauplätze) im Grundriss dargestellt. Demnach sind etwa 15 Gewerbeflächen um eine ringförmige Erschließungsstraße angeordnet. Die Zufahrt zum Baugebiet erfolgt über eine Anbindung im Osten an die Malaienstraße (L201).

Bisher liegen uns keine Informationen zur Erschließungsplanung vor. Voraussichtlich werden Regen- und Schmutzwasserkanal großteils unter der Erschließungsstraße zu liegen kommen. Weiter dürfte das Regenwasser an das nördliche und östliche Versickerungsbecken angeschlossen werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Kanaltrassen in üblichen Verlegetiefen von 2 – 3 m zu liegen kommen.

Nachfolgend wird auf den Kanal- und Straßenbau sowie in allgemeiner Form auf grundsätzliche Angaben zur Gebäudegründung eingegangen. Im Zuge der weiteren Planungen sind die folgenden Aussagen zu verifizieren.

Bautechnisch lässt sich der Baugrund vereinfacht in vier Einheiten unterteilen:

- weichkonsistenter Verwitterungslehm (gering tragfähig),
- steifkonsistenter Verwitterungslehm, locker gelagerter Verwitterungskies (mäßig tragfähig),
- mindestens mitteldicht gelagerter Verwitterungskies (tragfähig),
- mindestens mitteldicht gelagerter Schmelzwasserkies, Molassesand, Molassemergel (gut tragfähig).

Grundwasser wurde im Zuge der Baugrunderkundung nicht angetroffen. Das bedeutet, das Grundwasser spielt in Bezug auf das Gewerbegebiet eine untergeordnete Rolle. Die Beschreibung der Grundwasserverhältnisse ist Kapitel 5 zu entnehmen.

8.2 Kanalbau

<u>Aushub und Verbau</u>

Bei üblichen Verlegetiefen von 2 – 3 m wird die Sohle größtenteils im Verwitterungskies zu liegen kommen. Untergeordnet liegt die Sohle im Übergangsbereich von Verwitterungslehm zu Verwitterungskies (vgl. SG16) bzw. teilweise bereits im unverwitterten Schmelzwasserkies (s. SG11). Je tiefer die Kanäle (> 3 m) liegen, desto eher kommt die Sohle im unverwitterten Schmelzwasserkies bzw. im Westen bereits in der Molasse zu liegen.

Für den Kanalbau fallen somit hauptsächlich die Verwitterungsdeckschichten in Form von Verwitterungslehm und -kies an. Die Ausbildung der Verwitterungsdeckschichten kann den Baugrundprofilen der Anlagen 2.1-16 entnommen werden. Die erdbautechnische Klassifikation (Bodenklasse nach DIN 18300 (09/2012), Frostempfindlichkeit) ist in der Tabelle 2 (Kap. 4) zusammengestellt.

Mit Ausnahme lokal möglicher Anreicherungen von Steinen oder Blöcken lassen sich die Verwitterungsdeckschichten gut mit einem üblichen Hydraulikbagger lösen.

Es wird empfohlen, die Kanalgräben im Schutze eines senkrechten Verbaus (Verbautafeln) herzustellen. Um Bodeneinbrüche von außen in die Baugrube hinein bzw. seitliche Bodenauflockerungen so gering wie möglich zu halten, ist der Verbau zügig (spätestens nach 0,5 m vorauseilendem Aushub) nachzuführen.

Alternativ zu Verbautafeln sind freie Böschungen denkbar. Aufgrund der gering scherfesten Deckschichten und rolligen Böden sind Böschungswinkel von maximal 45° zulässig. Für die Ausbildung von Böschungen und Verbau ist generell die DIN 4124 zu beachten.

Hinzuweisen ist noch auf die Frost- und Nässeempfindlichkeit der bindigen Böden, weshalb die Arbeiten möglichst bei günstiger Witterung auszuführen sind bzw. immer nur so viel auszuheben ist, wie auch umgehend wieder überbaut / versiegelt werden kann.

Grabensohle, Wasserhaltung

Sofern nichtbindige Böden (Verwitterungskies, Schmelzwasserablagerungen) in der Kanalsohle anstehen, was überwiegend der Fall sein dürfte, sind diese nachzuverdichten. Sollte in der Kanalsohle aufgeweichte Bodenpartien bzw. weichkonsistente bindige Böden anstehen, sind diese auszutauschen. Dabei wird die Grabensohle ungefähr 30 cm tiefer ausgehoben und mit einem gut kornabgestuften Kies-Sand-Gemisch aufgebaut und verdichtet. Gleiches gilt, sofern sich die nichtbindigen Böden nicht ordentlich nachverdichten lassen. Sofern bei „schwammigem" Untergrund keine ordentliche Verdichtung des Kieskoffers möglich ist, kann vorher zur Sohlverbesserung ein allseitig gebrochener Schotter (Brechkorn z.B. 20/60) in die Grabensohle eingedrückt werden. Alternativ zum Kieskoffer kann eine ungefähr 15 cm starke Magerbetonschicht eingebracht werden.

Die Gründung / Bettung erfolgt dann auf einer Ausgleichsschicht nach DIN EN 1610. Die Bettung der Rohrleitung entspricht Typ 1 der DIN 1610.

Mit Schichtwasserzutritten ist nur untergeordnet zu rechnen.

Die Wasserhaltung beschränkt sich weitgehend auf die Ableitung von Hang- und Tagwasser sowie geringerer Mengen an Schicht- und Sickerwasser. Bei Bedarf sind Pumpensümpfe zu setzen (Pumpleistung < 1 l/s).

Das entnommene Wasser ist über ein Absetzbecken zu führen, so dass hieraus keine Übertritte von Trübstoff in den Vorfluter zu befürchten sind. Die Wasserhaltung ist nach VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Wasserhaltungsarbeiten – DIN 18305 zu betreiben. Das geförderte Wasser ist dementsprechend visuell und hinsichtlich des Geruchs zu prüfen, die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Grabenverfüllung

Das Material zur Verfüllung der Leitungszone und die Verdichtung sind auf das einzubauende Rohr abzustimmen. Üblicherweise wird hierzu Fremdmaterial (stark sandiger Kies mit einem Größtkorn von 20 mm oder hydraulisch gebundenes Material) verwendet. In der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät gearbeitet werden.

In der Hauptverfüllung von Flächen mit Nutzungsanforderungen (Verkehrsflächen etc.) ist verdichtungsfähiges Material (z.B. Bodengruppen GW, GU bis GU* gemäß DIN 18196), lagenweise bis auf mindestens 97 % der einfachen Proctordichte einzubauen. Die eingebauten Lagenstärken sollen im Bereich von nicht mehr als 30 cm liegen. Die obersten zwei Lagen unter dem frostsicheren Oberbau von Verkehrsflächen sind mit mindestens 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der Verdichtungserfolg ist nachzuweisen (statische Plattendruckversuche, Dichteprüfungen etc.).

Der Schmelzwasserkies sowie die feinkornärmeren Verwitterungskiese sind als bautechnisch geeignet zu bezeichnen und eignen sich voraussichtlich ohne größere zusätzliche Maßnahmen für einen qualifizierten Wiedereinbau (Abtrennen von Steinen / Blöcken, trockene Lagerung etc.).

Die restlichen im Aushub anfallenden Böden wären theoretisch - nach einer entsprechenden Konditionierung mit Kalk-Zement-Bindemittel - für einen qualifizierten Wiedereinbau geeignet. Bindemittelstabilisierungen erfordern allerdings erhöhte Sachkunde und entsprechende Erfahrung des ausführenden Bauunternehmens und werden erfahrungsgemäß nicht von allen Bietern gleichermaßen sicher beherrscht. Das „Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln“ (M BmB) ist zu beachten. Hinzuweisen ist auch auf die Problematik der Staubentwicklung bei Streu- und Fräsarbeiten mit Bindemitteln insbesondere in der Nachbarschaft von Bebauung (ggf. Verwendung von granuliertem Bindemittel). Des Weiteren ist die Bodenverbesserung stark witterungsabhängig und es wären im Vorfeld Eignungsprüfungen durchzuführen sowie Testfelder anzulegen. Aus diesen Gründen ist eine Grabenverfüllung aus bindemittelstabilisiertem Material nur im Rahmen von Sondervorschlägen zu sehen. Der Sondervorschlag sollte eine Eignungsprüfung der Böden (ggfs. auch über Testfelder) inklusive Bindemittel- und Einbauanweisungen und eine entsprechende Eigenüberwachung (Güteüberwachung) beinhalten.

In Flächen ohne Nutzungsanforderung (unbefestigtes Gelände) kann auch feinkörniges Aushubmaterial als Grabenverfüllung verwendet werden. Dabei ist dann mit deutlichen Eigensetzungen zu rechnen, was bei einer Nutzung als Wiese / Grünland unproblematisch sein dürfte.

Beim Einbau der Verfüllung ist der Verbau Zug um Zug hochzunehmen. Es ist auf eine kraftschlüssige Verdichtung zum benachbarten Baugrund zu achten.

Für die Planung, Ausführung und Prüfung der Verfüllung sind die DIN EN 1610 sowie die ZTV E-StB zu beachten.

8.3 Straßenbau

Nach Abschub des rund 35 – 40 cm mächtigen Mutterbodens (Oberboden) steht im Bereich der Erschließungsstraße der Verwitterungslehm an, in dem überwiegend das Verkehrswegeplanum liegen wird.

Bei den Feldarbeiten und Laborversuchen wurde der Verwitterungslehm hinsichtlich der Konsistenz vorrangig als weich oder weich zum Übergang steif angesprochen, wobei sich oberflächennah der Wassergehalt und damit die Konsistenz im Laufe der Jahreszeiten verändern. Der Verwitterungslehm ist stark nässe- und frostempfindlich. Eine detaillierte Beschreibung des Bodens ist Kapitel 3 zu entnehmen.

Der frostsichere Straßenaufbau ist nach RStO 12 zu planen und herzustellen. Dabei ist unabhängig vom gewählten Aufbau und der Bauklasse auf dem Erdplanum bei Unterkante des Straßenoberbaus ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45$ MN/m² (MPa) im statischen Plattendruckversuch gefordert. Dieser Wert ist mit statischen Plattendruckversuchen nachzuweisen.

In diesem gering tragfähigen Verwitterungslehm ist das geforderte Mindestkriterium nach ZTV E-StB ($E_{V2} \geq 45$ MN/m²) ohne zusätzliche Maßnahmen nicht zu erreichen. Daher ist der Einbau eines Bodenersatzkörpers (Planumsverbesserung) einzuplanen.

Für die Planumsverbesserung ist der Boden bis ca. 30 cm unter das spätere Erdplanum auszuheben. Die Aushubsohle ist durch Eindrücken von Brechkorn (gebrochenes Material, Körnung

ca. 20/60) zu stabilisieren. Dazu wird eine Lage Brechkorn (Schüttstärke ca. 10 cm) auf die Aushubsohle aufgebracht und eingewalzt, so dass die Körner vollständig in den Untergrund eingedrückt werden.

Anschließend ist der Bodenersatzkörper einzubauen. Die Aushubsohle ist, wie bereits erwähnt, stark frost- und nässeempfindlich und daher umgehend nach der Freilegung und Stabilisierung wieder zu überbauen („Zug um Zug“). Für den Geländeaufbau (Bodenersatzkörper) bis auf Höhe des Erdplanums ist ein gut kornabgestufter, verdichtungsfähiger Kies-Sand (z.B. GW-GU nach DIN 18196, Wandkies nach Abtrennung von Steinen) zu verwenden. Das Material ist mit Verdichtung einzubauen, die Tragfähigkeit ist zu kontrollieren und nachzuweisen. Der Aufbau ist durch Testfelder zu prüfen und gegebenenfalls zu optimieren / zu verstärken. Brechkorn wird nur erforderlich, wenn sich witterungsbedingt der Bodenersatzkörper nicht ordentlich verdichten lässt (nasses, aufgeweichtes Planum).

Die ZTV E-StB ist bei der Planung und Ausführung zu beachten.

Die Herstellung eines stabilen Erdplanums durch Einfräsen von Kalk-Zement-Bindemittel ist wie bei der Kanalgrabenverfüllung theoretisch möglich. Auch hier ist die Bindemittelstabilisierung im Bereich von Sondervorschlägen zu sehen, da hohe Sachkunde der ausführenden Firmen erforderlich ist, die Arbeiten stark witterungsabhängig sind und zudem die gesamte Kanal- und Leitungsverlegung inkl. Grundstücksanschlüsse etc. in die Planung einzubeziehen ist. Zu beachten ist, dass bindemittelstabilisierter Boden langfristig hohe Festigkeiten erreicht und nachträglich nur schwer wieder zu lösen ist. Die im Kapitel Kanalbau aufgeführten Hinweise sind zu beachten.

8.4 Gebäude / Gründung

Grundsätzlich ist zur Bemessung von Gründungen der Eurocode 7 (EC 7), also die DIN EN 1997 zu beachten.

Die frostsichere Mindesteinbindetiefe von Gründungskörpern ist in Pfullendorf mit $t \geq 1$ m anzugeben.

Hinsichtlich der Bauwerksgründungen ist zu unterscheiden zwischen unterkellerten und nicht unterkellerten Gebäuden.

<u>Unterkellerte Gebäude</u>

Gründungssohlen von unterkellerten Gebäuden kommen bei Unterkellerungstiefen von 2,5 – 3 m bereits im tragfähigen (mindestens mitteldichter Verwitterungskies), voraussichtlich überwiegend sogar in den gut tragfähigen Baugrundschichten (Schmelzwasserkies, Molasse) zu liegen.

In den tragfähigen Baugrundschichten können Flächengründungen, biegesteife Bodenplatte oder auch Einzel- und Streifenfundamente abgesetzt werden. Aushubsohlen in rolligen Böden sind intensiv nachzuverdichten. Aushubsohlen im Molassemergel oder -sand sind am besten auf einer mindestens 20 cm starken kiesigen Schutzschicht / Ausgleichsschicht zu gründen.

Die Bauwerksgründungen sind detailliert im Einzelfall zu planen. Dies gilt insbesondere für größere Gebäude oder wenn höhere Lasten anfallen bzw. höhere Anforderungen an die Maßhaltigkeit gestellt werden.

Sofern es die Platzverhältnisse zulassen, darf in den anstehenden Böden oberhalb des Grundwassers, in annähernd ebenem Gelände (Neigung kleiner 1:10) und außerhalb des Lasteinflusses von Nachbarbebauung (Bauwerke und Verkehrsflächen) bis max. 5 m Böschungshöhe unter einer Neigung von ≤ 45° frei geböscht werden. Die Böschungen sind gegen Witterungseinflüsse mit Planen oder Ähnlichem zu schützen.

Der Feuchteschutz der Gebäude erfolgt gemäß DIN 4095 sowie DIN 18533. DIN 4095 unterscheidet drei Fälle zur Festlegung der Drän- bzw. Abdichtungsmaßnahmen:

Fall a „Abdichtung ohne Dränung“ setzt stark durchlässigen Baugrund ($k_f > 1 \cdot 10^{-4}$ m/s) und ausreichenden Grundwasserabstand voraus. Die erforderlichen Durchlässigkeiten könnten gegebenenfalls bei vollflächigen Gründungen im Schmelzwasserkies erreicht werden, was im Einzelfall zu untersuchen und unter anderem mit Sickerversuchen nachzuweisen ist.

Fall b „Abdichtung mit Dränung“ setzt einen gesicherten (rückstaufreien) Vorflutanschluss voraus. Da ein Trennsystem mit Regenwasserkanal vorgesehen ist, sind Drainagen, welche genehmigungspflichtig sind, denkbar. Es gilt zu prüfen, ob die Drainagen der einzelnen Grundstücke an den geplanten Regenwasserkanal angeschlossen werden können / dürfen.

Fall c „Abdichtung ohne Dränung“ wird bei drückendem Wasser bzw. wenn eine Dränung nicht möglich / gewünscht, ist angewendet. Erdberührte Bauteile sind dann wasserdicht (z.B. WU-Beton-Bauweise bzw. Abdichtung nach DIN 18533) und auftriebssicher auszubilden.

Nicht unterkellerte Gebäude

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kommt die Gründung im gering tragfähigen Verwitterungslehm zu liegen, der geringe Steifigkeiten aufweist und dementsprechend bei Belastung mit Verformungen (Setzungen) reagiert.

Bei „geringeren“ Verwitterungslehmstärken bietet sich grundsätzlich die Variante Flächengründung mit einer biegesteife Bodenplatte auf Bodenersatzkörper bis auf den tragfähigen Verwitterungskies an. Als alternative Gründungsvarianten sind Brunnengründungen, Säulen, Tiefenbodenverbesserungen oder Ähnliches zu nennen. Dies gilt es ebenfalls an jedem Standort gesondert zu betrachten.

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kann unterhalb der Bodenplatte eine mindestens 15 cm starke kapillarbrechende Schicht aus Rollierung der Körnung 8/16 mm auf Vliesunterlage mit rückstaufreiem Auslauf angeordnet werden, wenn nicht eine wasserdichte („wasserunempfindliche“) Bodenplatte gewählt wird. Andernfalls ist mit Bodenfeuchte unter der Bodenplatte zu rechnen.

Die Bebauung ist in die Geotechnische Kategorie 2 gemäß DIN 1054 einzustufen. Diese umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf die Bauwerke und den Baugrund. Es sind eine ingenieurmäßige Bearbeitung und rechnerische Nachweise der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen erforderlich.

Generell sind regelmäßige Gebäudeaufrisse mit gleichmäßigen Gründungssohlen und möglichst gleichmäßigen Sohlspannungsverteilungen zu empfehlen, was ohnehin auch dem Thema erdbebensicheres Bauen entgegenkommt (Erdbebenzone 2).

8.5 Weitere Hinweise und Empfehlungen / Beurteilung der Bebaubarkeit

Der Mutterboden (A-Horizont) ist vor Beginn der Baumaßnahmen abzutragen. Er kann gegebenenfalls gelagert und anschließend zum Wiedereinbau für Landschaftsgestaltung (Bodenverwertung) verwendet werden. Die DIN 18915 sowie die DIN 19731 sind zu beachten. Oberboden / Mutterboden ist nach § 202 BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.

Eine erste bodenschutzrechtliche Beurteilung zum generellem Umgang mit dem Aushubmaterial und Angaben zur Verwertung des Ober- und Unterbodens folgen in einem gesonderten Fachbericht.

Nach Festlegung der Planung ist die Einwirkfläche der Erschließungsarbeiten auf natürliche Böden zu ermitteln (DIN 19639). Sollte die Einwirkfläche über 5.000 m² liegen, wird ein Bodenschutzkonzept und eine bodenkundliche Baubegleitung erforderlich.

Ein Bodenverwertungskonzept (Massenmanagement), welches unter Anderem ein Teil des Bodenschutzkonzeptes wäre, ist nach den allgemeinen Forderungen des Landratsamtes im Vorfeld einer Baumaßnahme dieser Größenordnung ohnehin aufzustellen.

Anm.: In diesem Zusammenhang ist grundsätzlich eine enge und rechtzeitige Abstimmung mit den zuständigen Behörden, hier Landratsamt Sigmaringen, Fachbereich Bodenschutz zu empfehlen.

Grundsätzlich gilt, dass Zwischen- und Umlagerung von Bodenmaterial auf Grundstücken im Rahmen der Errichtung von baulichen Anlagen sowohl aus abfallrechtlicher Sicht gemäß KrWG als auch aus bodenschutzrechtlicher Sicht gemäß BBodSchV gestattet sind.

Abgetragenes Aushubmaterial kann gegebenenfalls für Geländemodellierungen (ohne statische Anforderungen) oder Baugrubenverfüllungen im unbefestigten Gelände verwendet werden. Dabei ist dann mit deutlichen Eigensetzungen zu rechnen, was bei einer Nutzung als Wiese / Grünland unproblematisch sein dürfte. Zu beachten sind in diesem Zusammenhang auch die oben genannten Normen zum Umgang mit den verschiedenen bodenkundlichen Einheiten (A-, B- und C-Horizont).

Besonders hinzuweisen ist nochmals auf die starke Frost- und Nässeempfindlichkeit der anstehenden Böden, die mit Entfestigung bzw. Verflüssigung auf Feuchtigkeitszutritt reagieren. Aushubsohlen in bindigen Böden sind daher nach Freilegung umgehend zu überbauen. Stark aufgeweichte Partien sind auszutauschen.

Material, das zum Wiedereinbau verwendet werden soll, ist in geeigneter Weise zwischenzulagern und vor Witterungseinflüssen zu schützen (Abdecken oder bei bindigem Material Glattwalzen mit starkem Quergefälle).

In Zusammenhang mit allen Erdarbeiten empfiehlt es sich, die Einhaltung der Richtlinien der ZTV E-StB einzufordern.

Für Aushub, der abgefahren werden soll, ist Folgendes anzumerken: gewachsener Boden kann gegebenenfalls bis zu einer Menge von 500 m³ mittels „einfacher“ Unbedenklichkeitserklärung einer Verwertung z.B. als Grubenverfüllung zugeführt werden. Über 500 m³ und bei Auffüllungen werden üblicherweise chemische Analysen erforderlich.

Zusammenfassend ist das Gewerbegebiet aus geotechnischer Sicht als gut bebaubar zu bezeichnen. Für Bebauungen sind zusätzliche Aufwendungen für die Gründung zu erwarten, welche im üblichen Rahmen anzusiedeln sind. Die Bauwerksgründungen sind detailliert am Einzelobjekt zu planen.

Anm.: Es obliegt den vor Ort mit der Umsetzung der Baumaßnahme verantwortlich tätigen Fachkräften, die hier aufgeführten Angaben und Empfehlungen zu prüfen und den technischen Regeln entsprechend umzusetzen, auszuführen und gegebenenfalls durch einen geotechnischen Sachverständigen prüfen oder abnehmen zu lassen. Sofern im Zuge des Erdbaus die Baugrundverhältnisse gegenüber den Erwartungen abweichen oder sich Unklarheiten ergeben, ist in jedem Falle ein Sachverständiger für Geotechnik zu Rate zu ziehen.

Projektbearbeiter: Christian Riedl, M. Sc. (Geologie)
Jörg Fischer, M. Eng. (Geotechnik)
Dipl.-Ing. Stefan Niefer (Projektleiter)

C. Riedl.

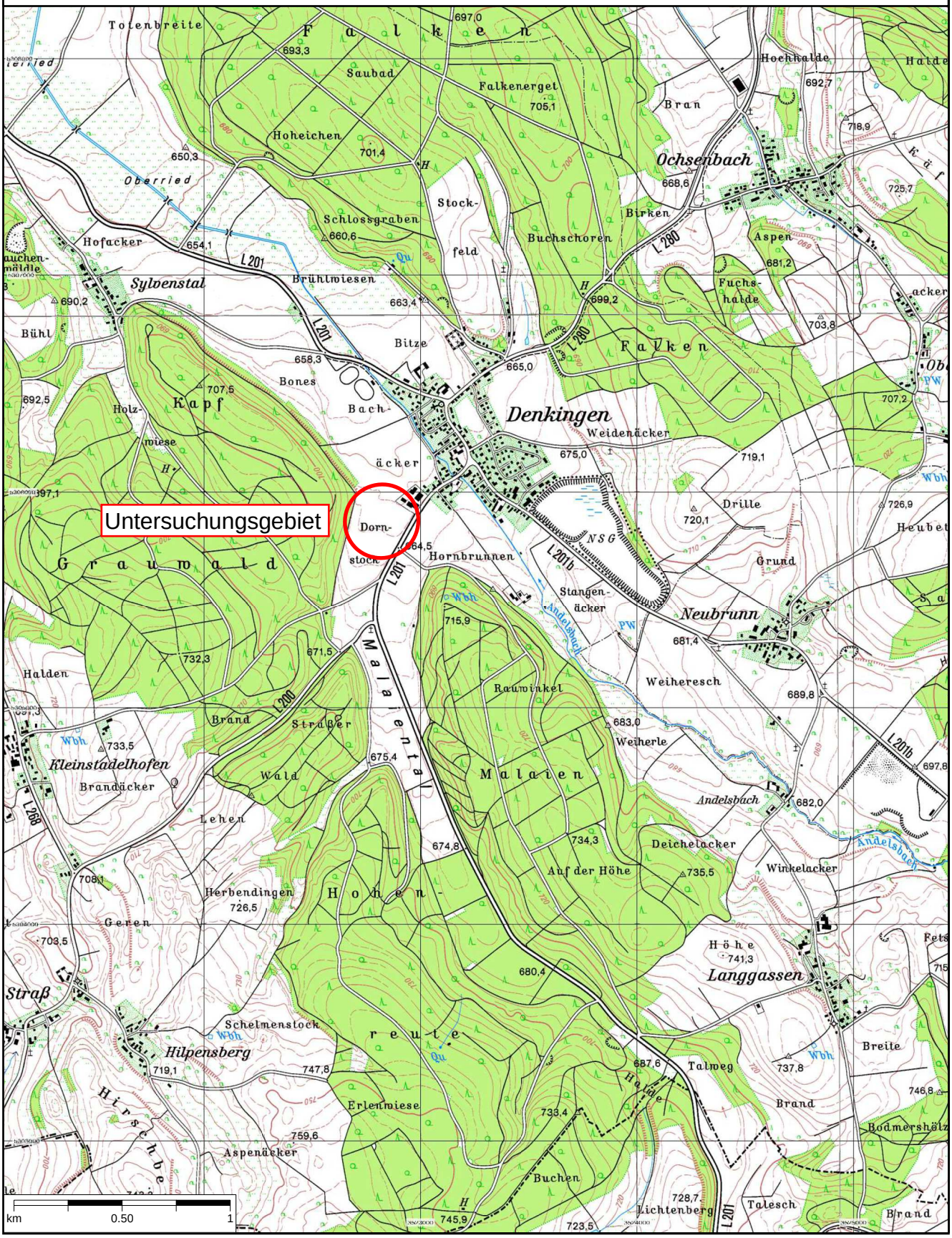
Dr. Ebel & Co. GmbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 1.1

Übersichtslageplan mit Topographischer Karte

M 1:25.000



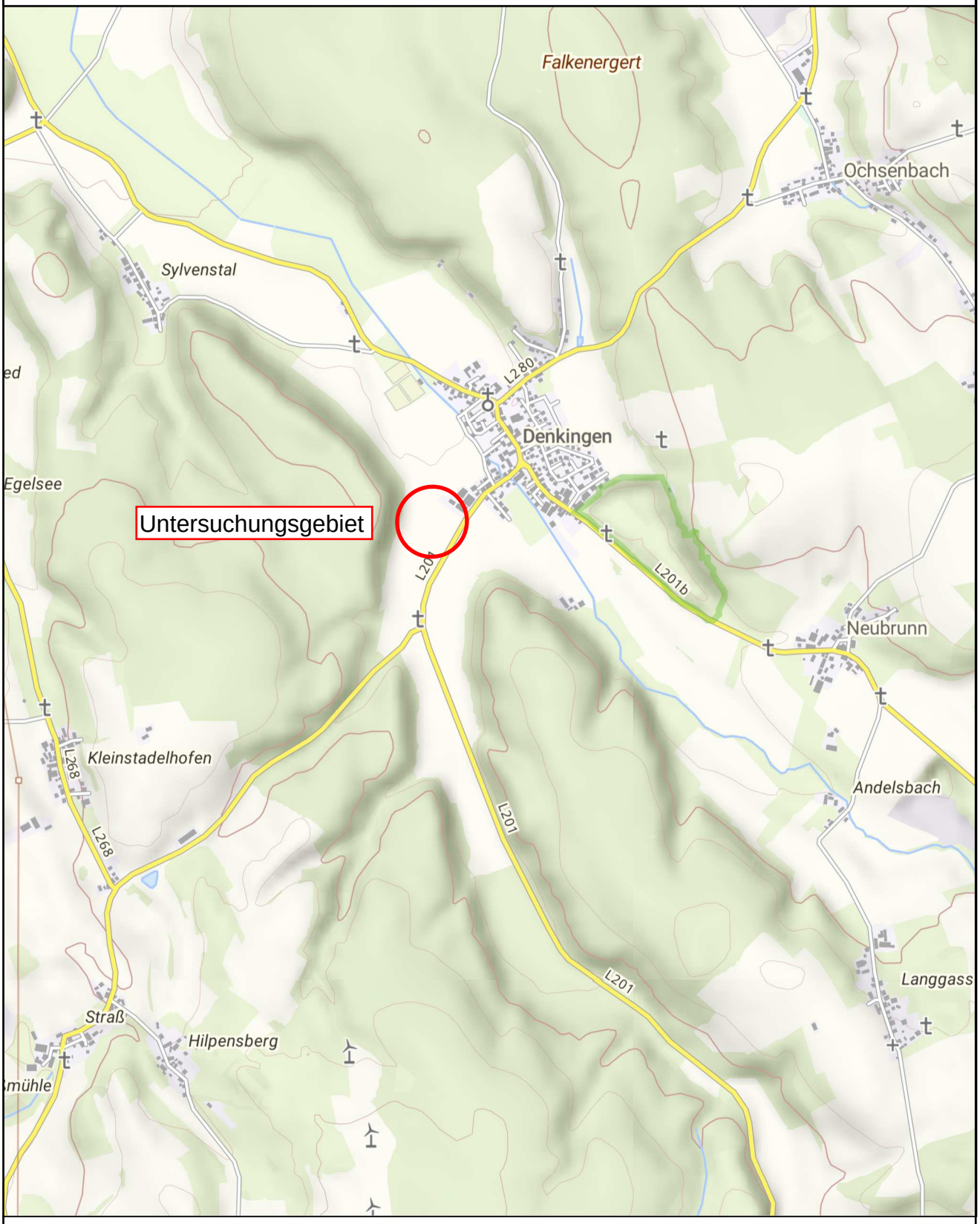
Top. Karte 1:25000 Baden-Württemberg (2012), Maßstab 1:25000
© Copyright: siehe Hinweis auf dem verwendeten Datenträger

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 1.2

Übersichtslageplan mit Reliefkarte

M 1:25.000



1:25000

Hintergrund: TopPlusOpen | © 2023 basemap.de | Datenquelle: © GeoBasis-DE

SG	Baggerschurf
DPH	Schwere Rammsondierung
GWM	2"-Grundwassermessstelle
SV	Sickerversuch
	Altaufschluss

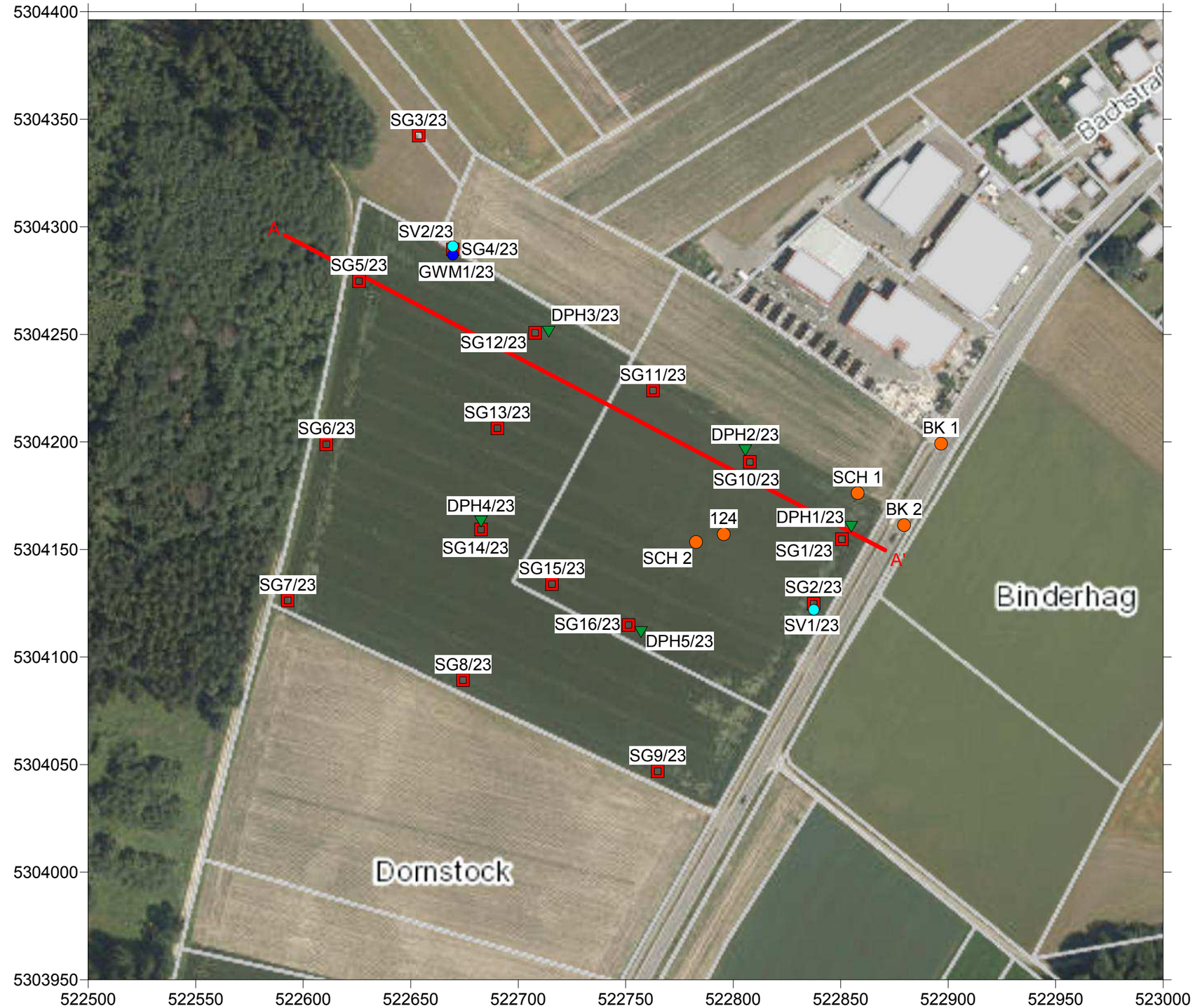
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH

St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße

Plan:	Maßstab:
Lageplan mit Erschließungsplanung	1:2.000

Aktenzeichen:	Anlage:	Grundlage:
230106-1	1.3	IB Karcher



N

0 50 100 150 200 250
m

SG	Baggerschurf
DPH	Schwere Rammsondierung
GWM	2"-Grundwassermessstelle
SV	Sickerversuch
	Altaufschluss

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße

Plan:
Lageplan
mit Luftbild

Maßstab:
1:2.000

Aktenzeichen:
230106-1

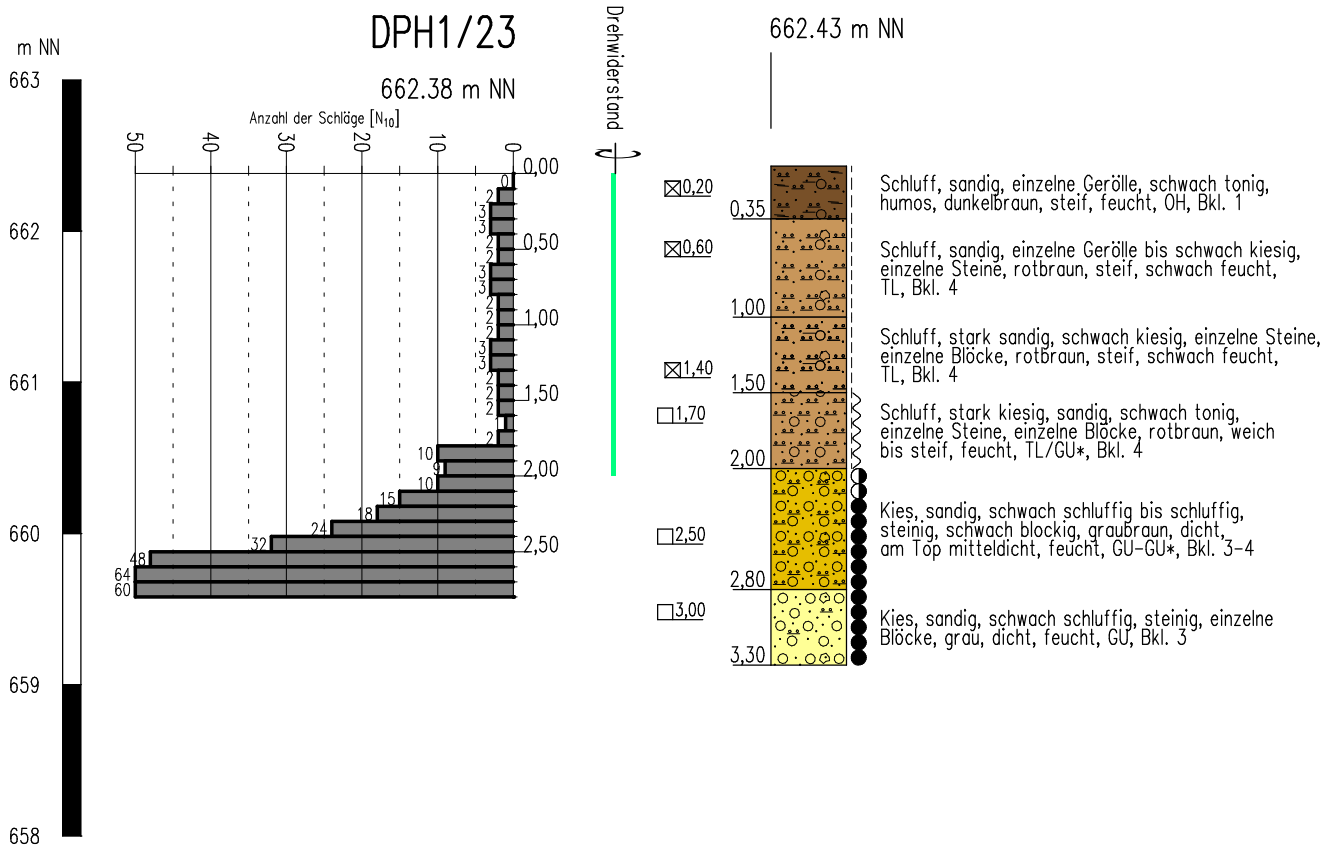
Anlage:
1.4

Grundlage:

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.1

Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50



Geologische Bezeichnung
- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte
- steif
- weich bis steif
- mitteldicht
- dicht

Proben
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-4 3

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL/GU* GU-GU* GU

Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

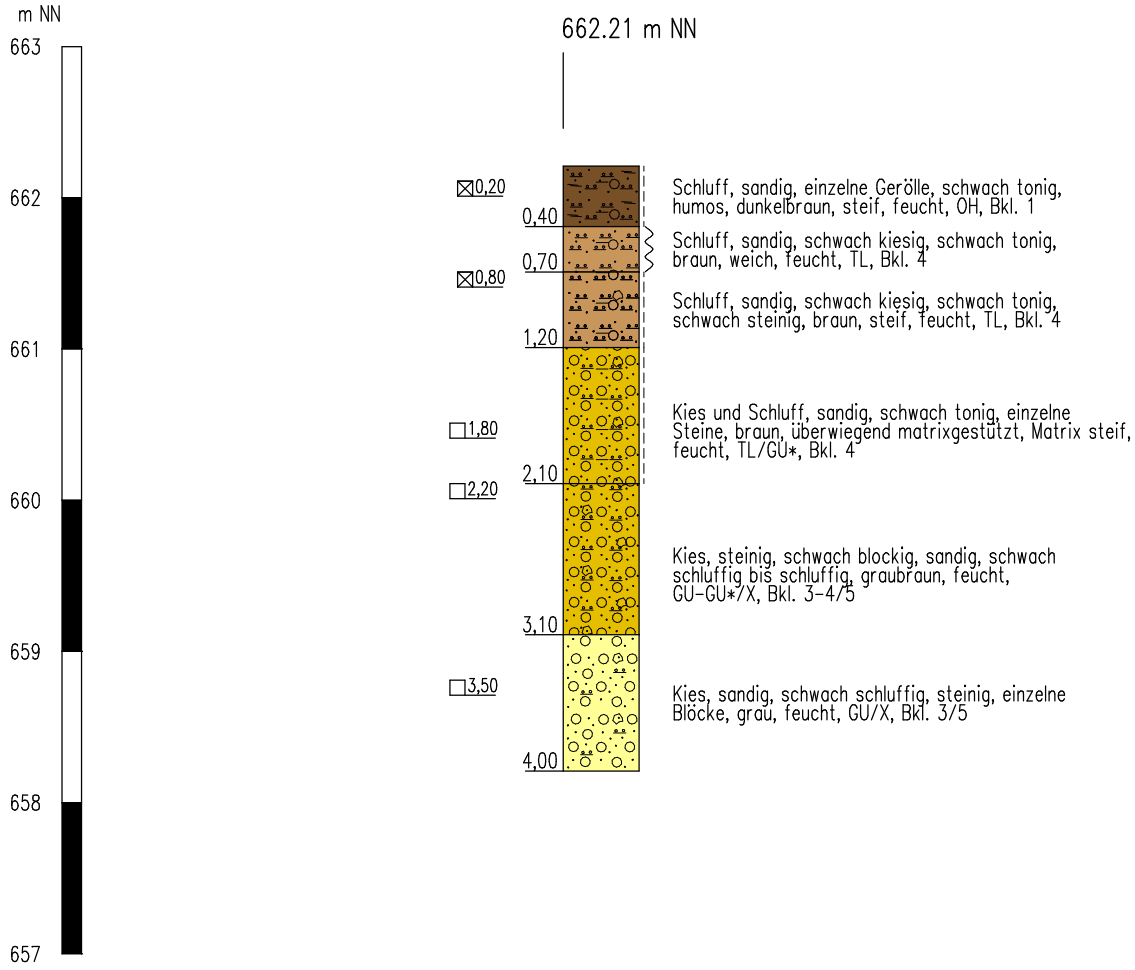
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.2

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG2/23

662.21 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte

- steif
- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-4/5 3/5

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL/GU* GU-GU*/X GU/X

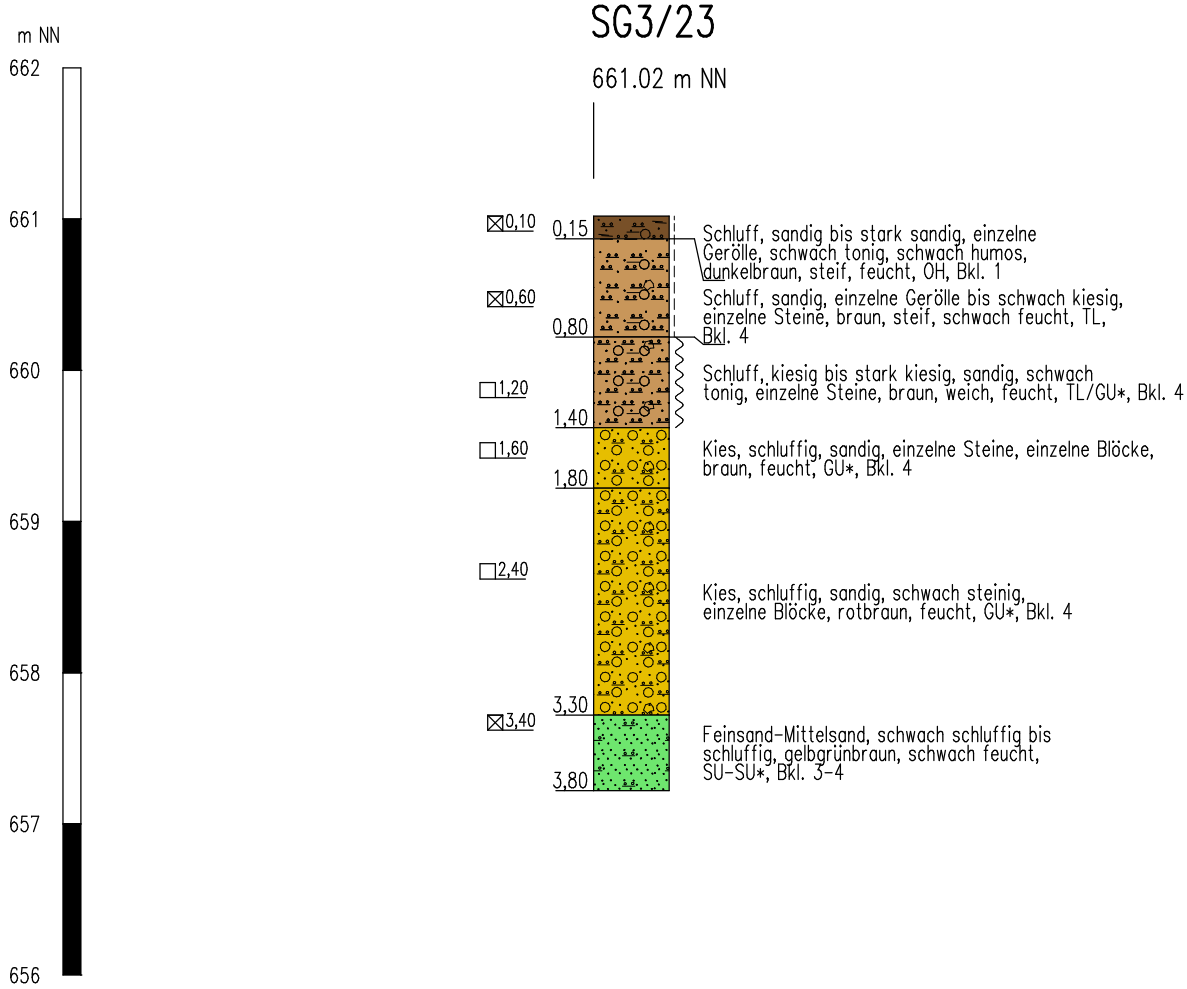
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.3

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG3/23

661.02 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Molassesand

Konsistenz/Lagerungsdichte

- steif
- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL/GU* GU* SU-SU*

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

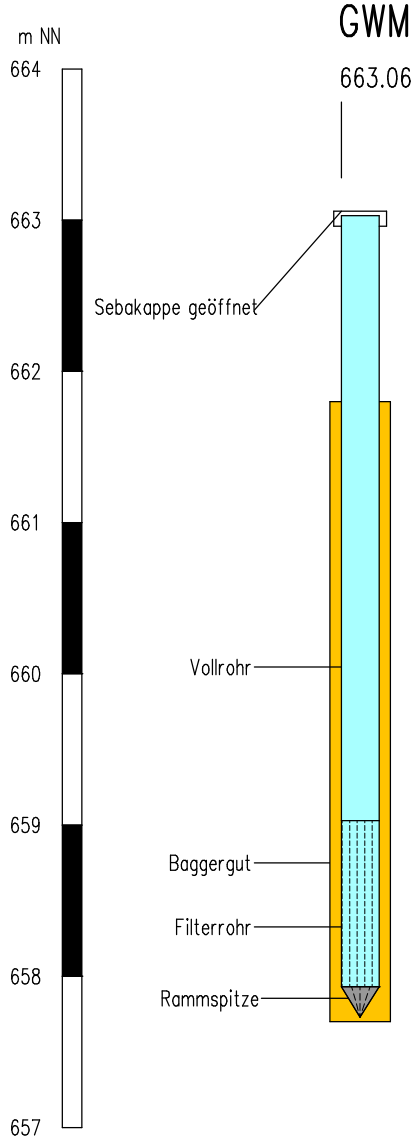
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.4

Schichtsäule und Messstellenausbau
Maßstab d. H. 1:50

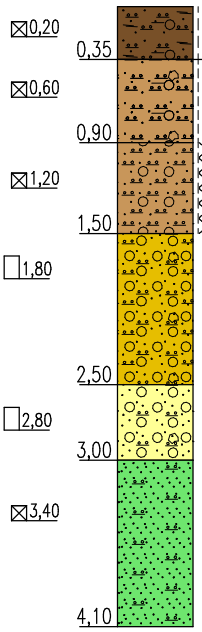
GWM1/23 (2"-Stahl-Grundwassermessstelle)

663.06 m NN (1,26 m Überstand)



SG4/23

661.80 m NN



- 0,35: Schluff, sandig, schwach tonig, einzelne Gerölle, humos, dunkelbraun, steif, schwach feucht, OH, Bkl. 1
- 0,90: Schluff, sandig, einzelne Gerölle, einzelne Steine, schwach tonig, braun, steif, schwach feucht, TL, Bkl. 4
- 1,50: Schluff, kiesig, sandig, steinig, schwach tonig, braun, weich bis steif, feucht, TL, Bkl. 4
- 2,50: Kies, schluffig, sandig, steinig, schwach blockig, graubraun, feucht, GU*/X, Bkl. 4/5
- 3,00: Kies, sandig, schwach schluffig, stark steinig, grau, feucht, GU/X, Bkl. 3/5
- 4,10: Feinsand-Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, gelbgrau, schwach feucht, SU-SU*, Bkl. 3-4

Geologische Bezeichnung
- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies
- Molassesand

Konsistenz/Lagerungsdichte
- steif
- weich bis steif

Proben
- Becherprobe
- 10L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4/5 3/5 3-4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/X GU/X SU-SU*

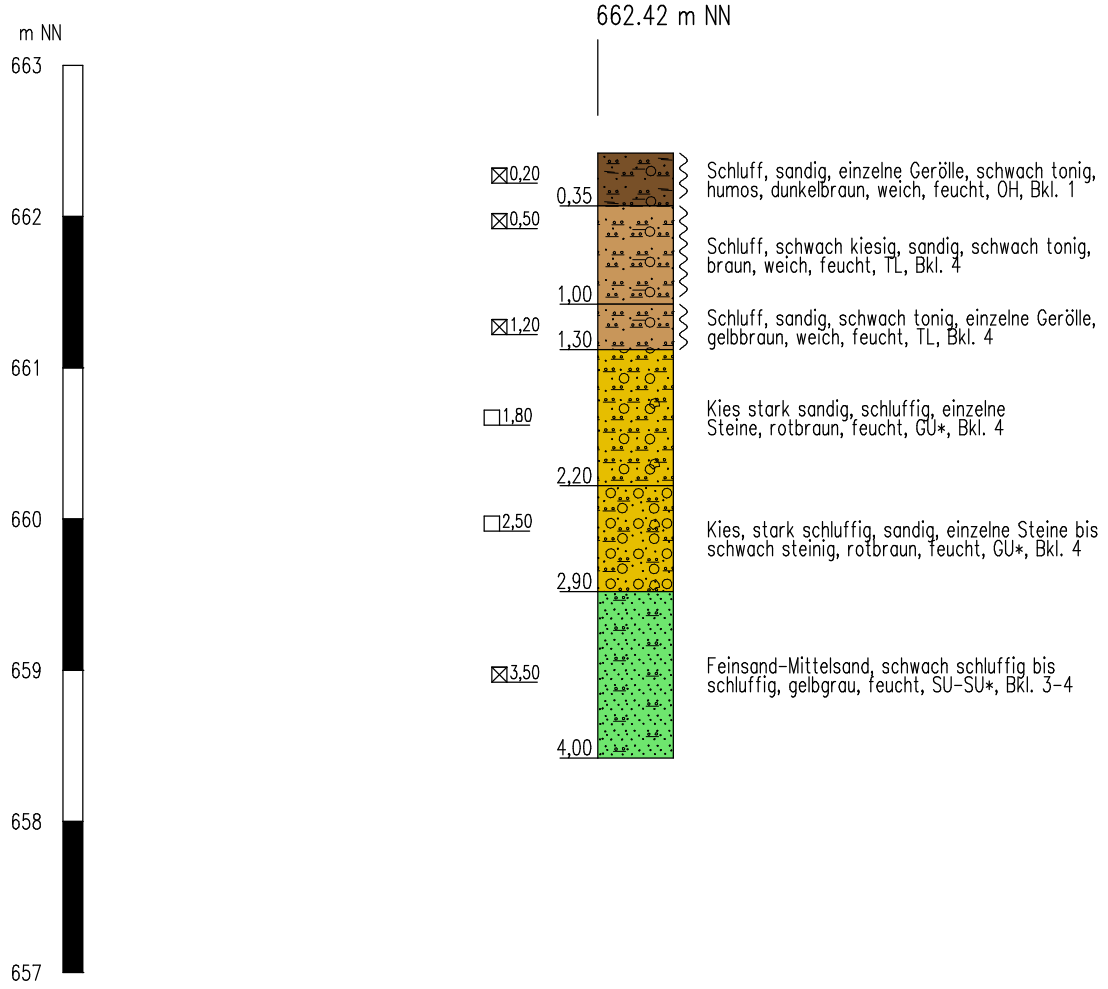
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.5

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG5/23

662.42 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Molassesand

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4 3-4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU* SU-SU*

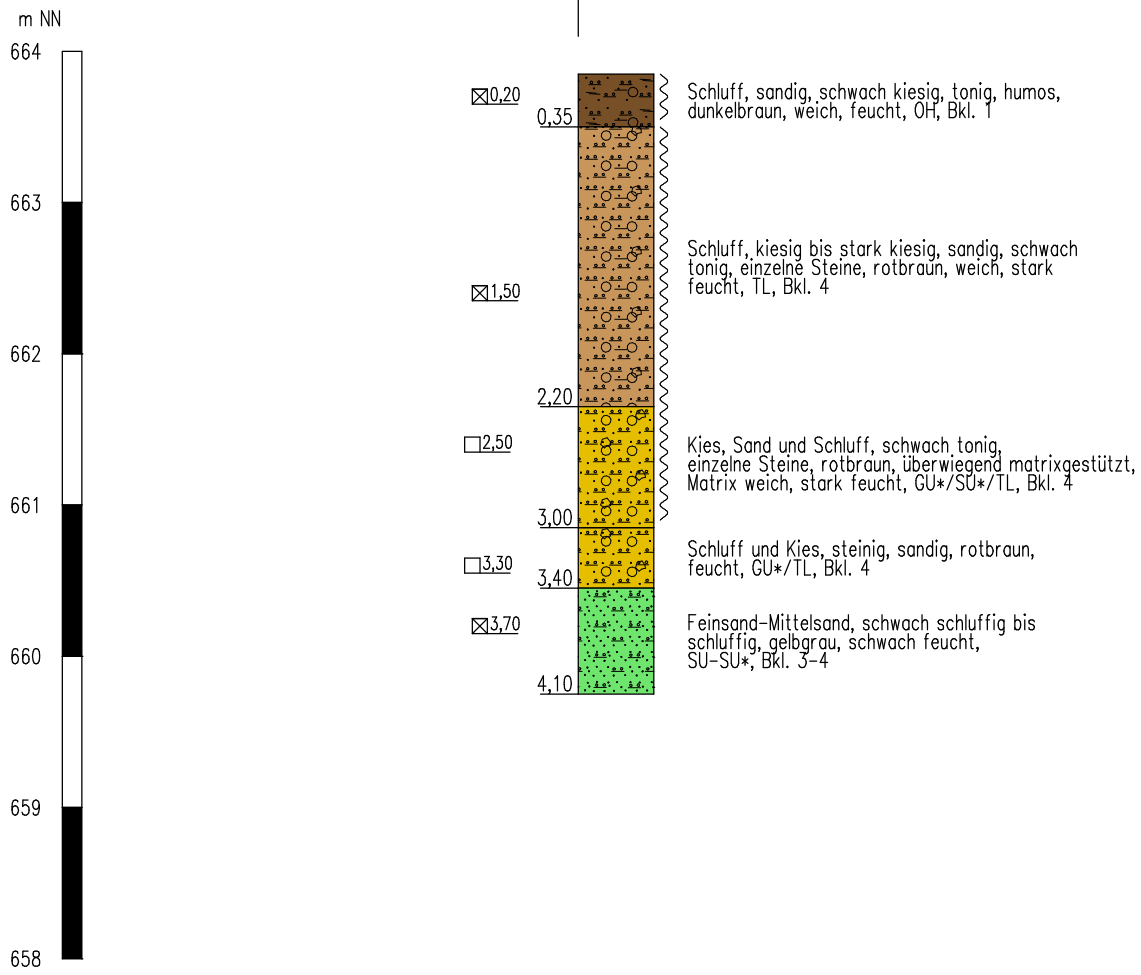
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.6

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG6/23

663.85 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Molassesand

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/SU*/TL GU*/TL SU-SU*

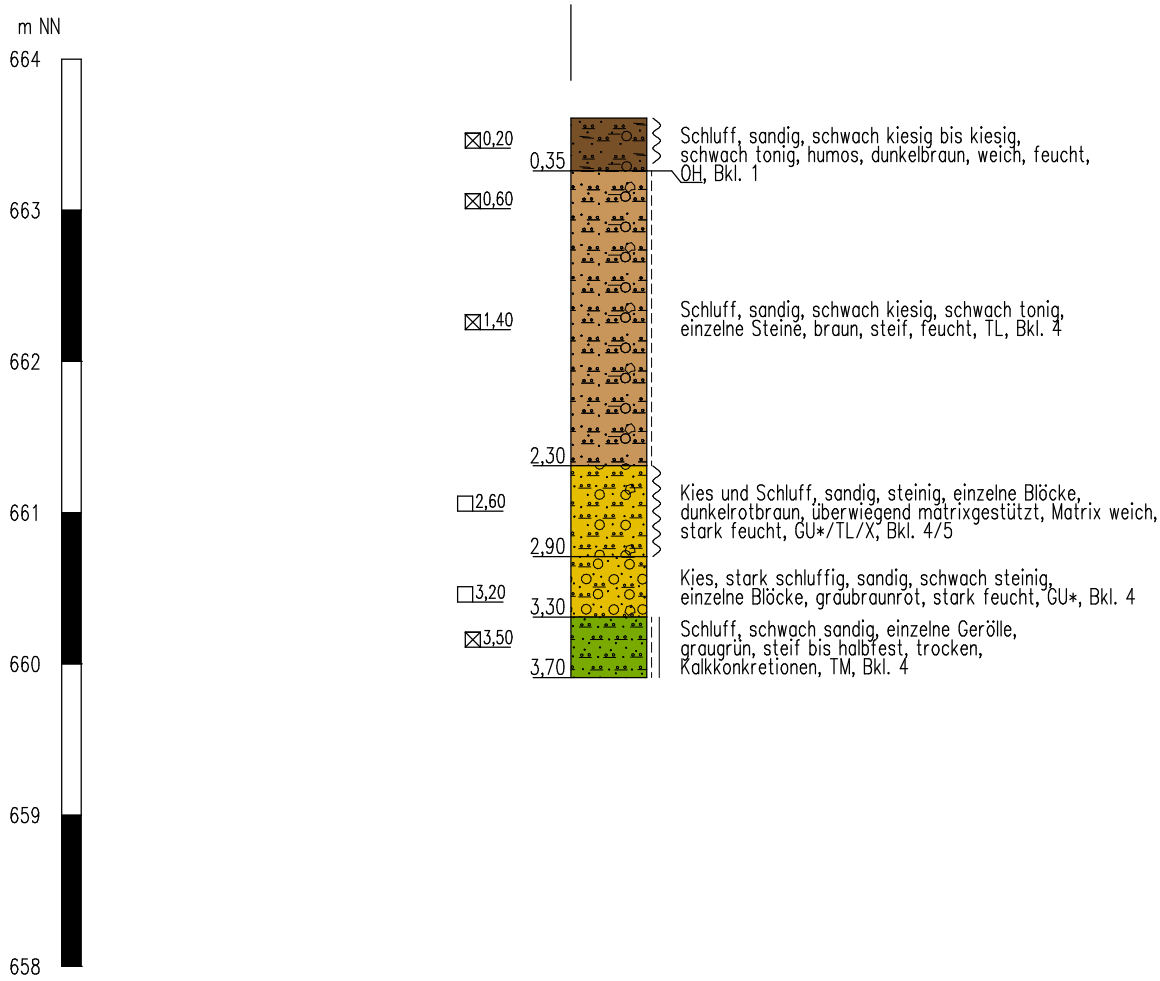
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.7

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG7/23

663.61 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Molassemergel

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- steif
- steif bis halbfest

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4/5

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/TL/X GU* TM

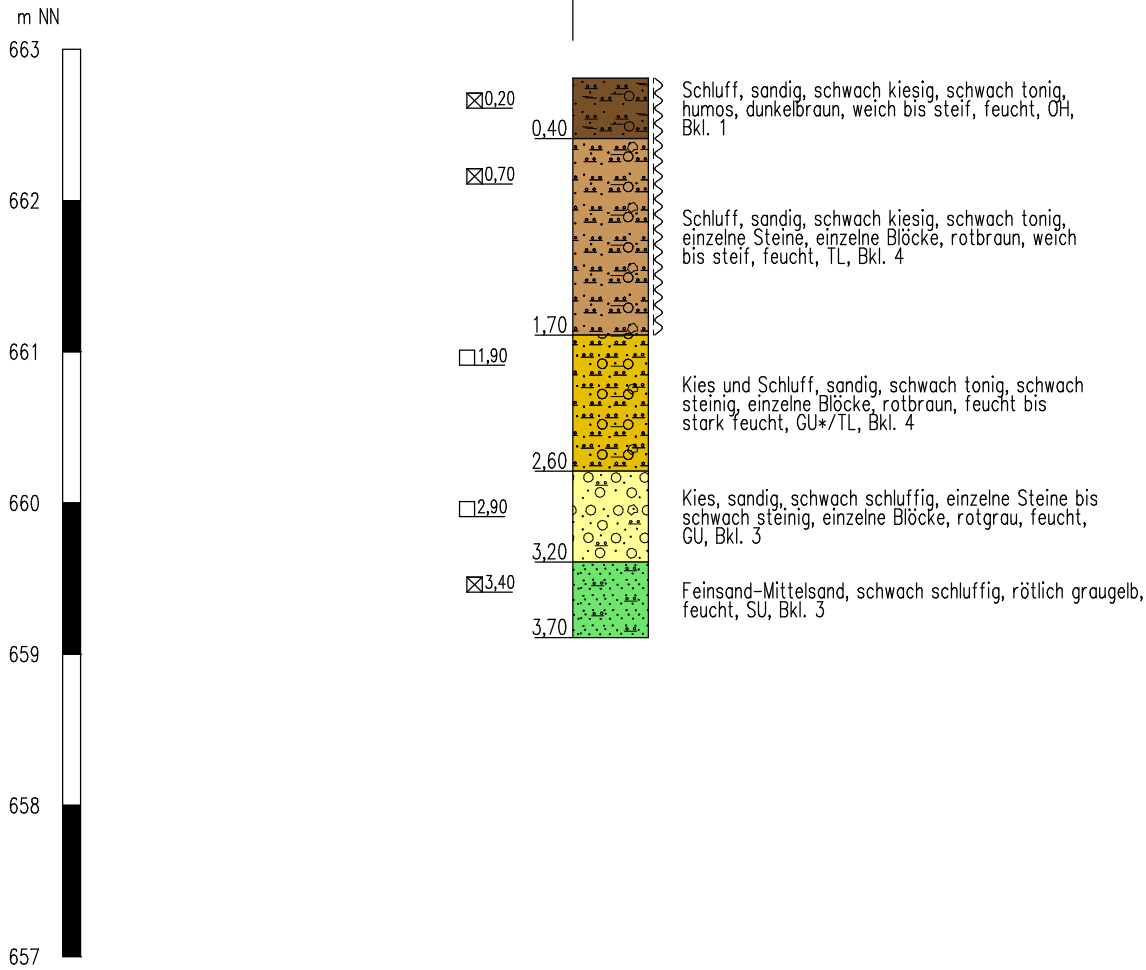
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.8

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG8/23

662.81 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies
- Molassesand

Konsistenz/Lagerungsdichte

weich bis steif

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/TL GU SU

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

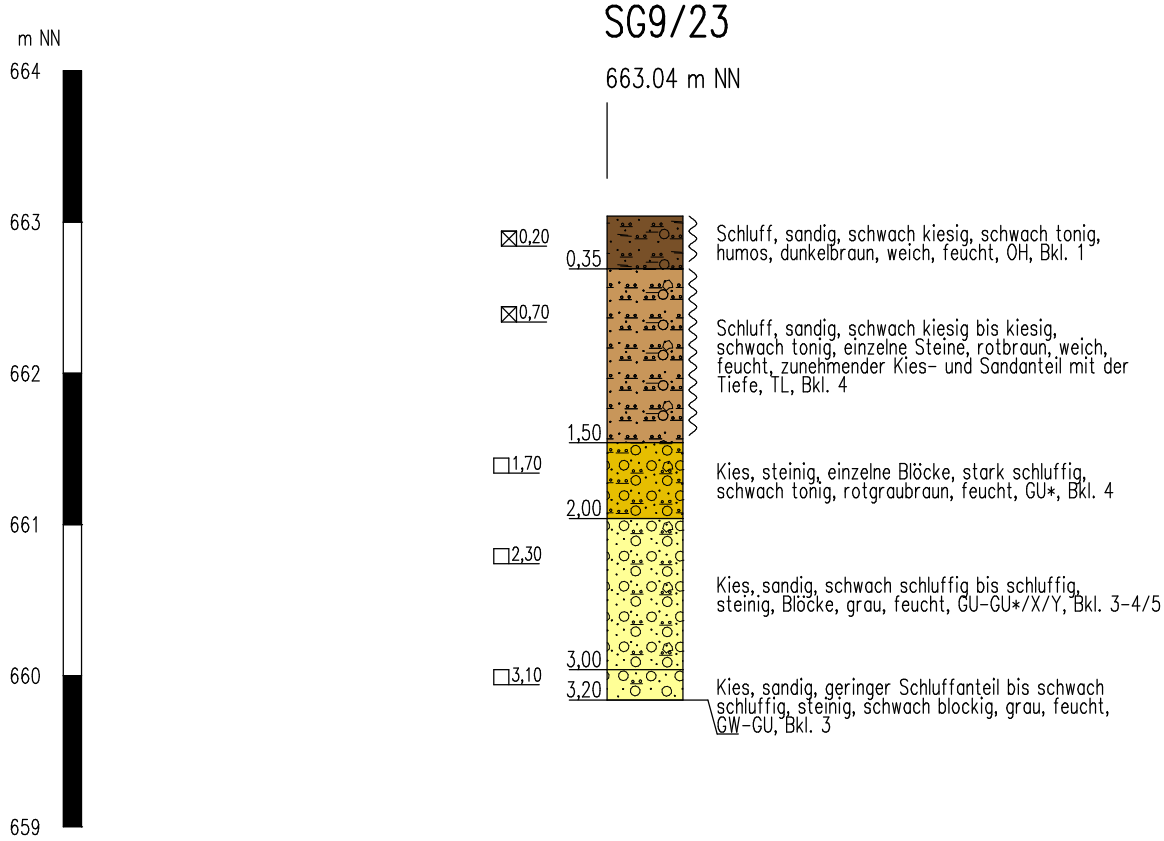
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.9

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG9/23

663.04 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-4/5 3

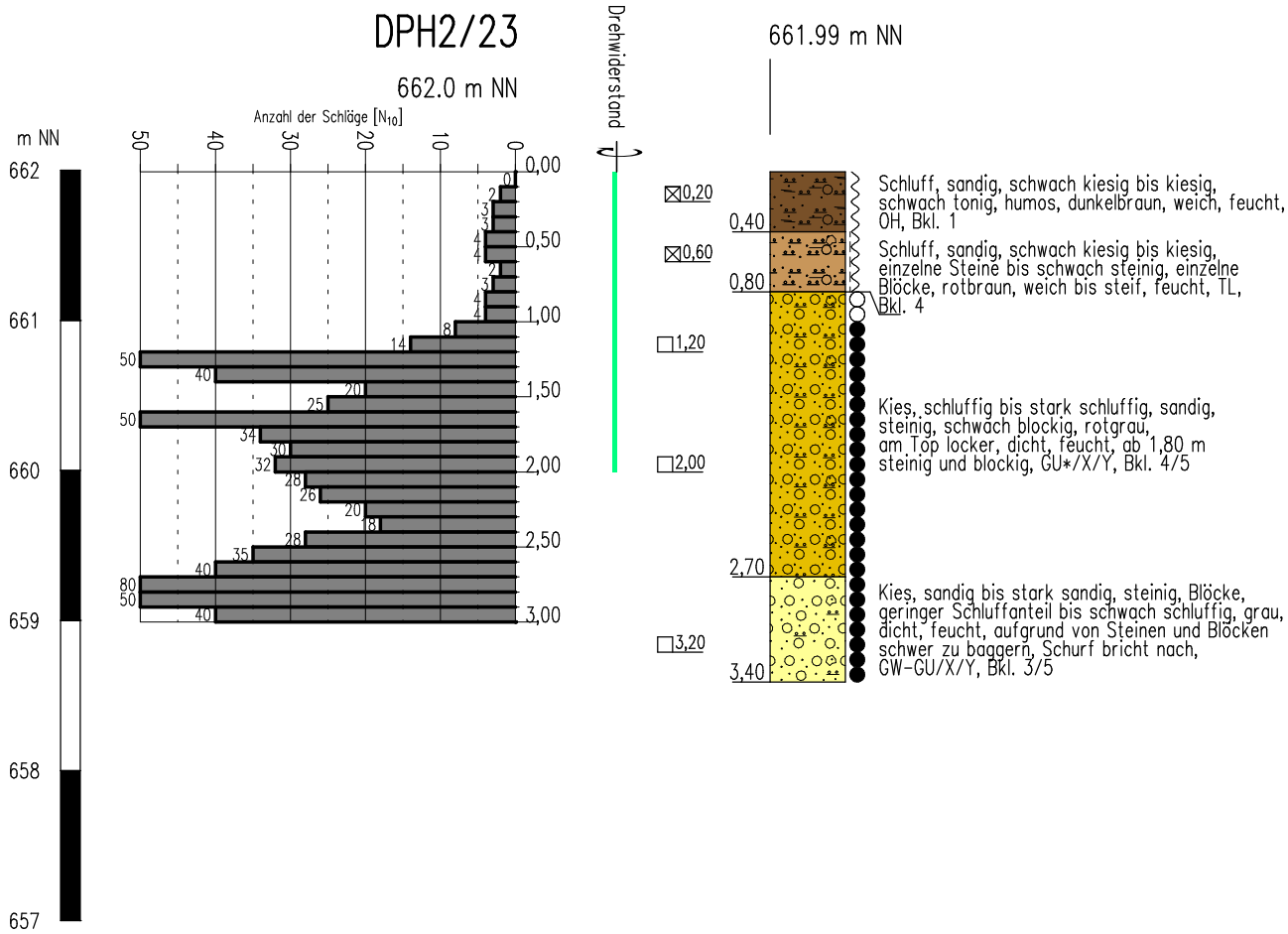
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU* GU-GU*/X/Y GW-GU

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.10

Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50



Geologische Bezeichnung
- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte
- weich
- weich bis steif
- locker
- dicht

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3/5

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/X/Y GW-GU/X/Y

Proben
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

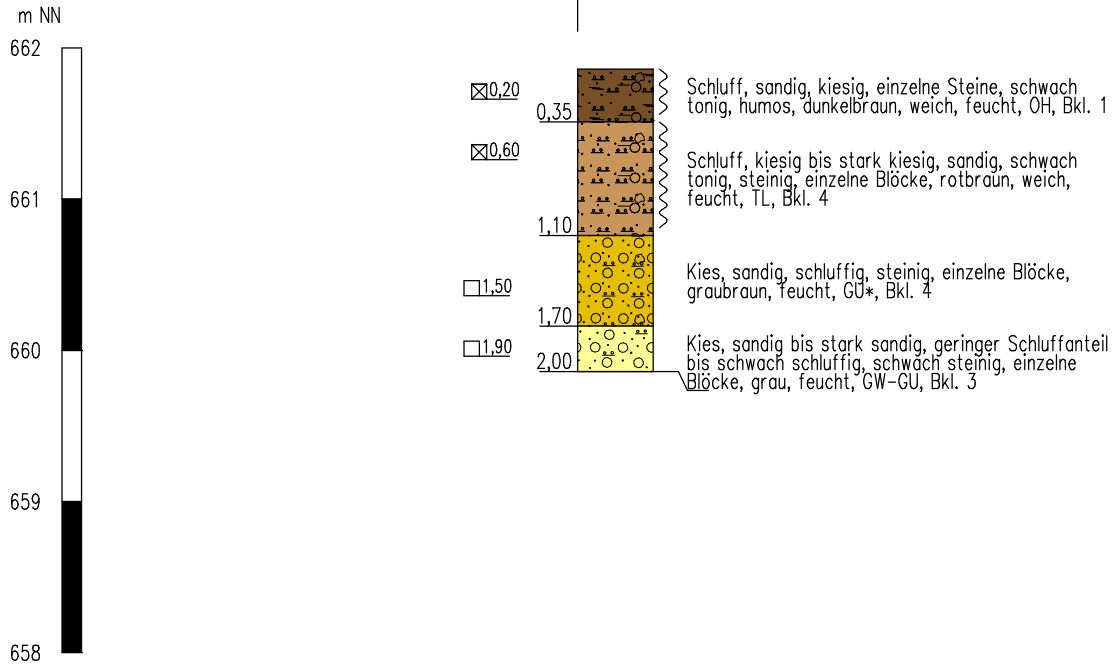
Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.11

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG11/23

661.86 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

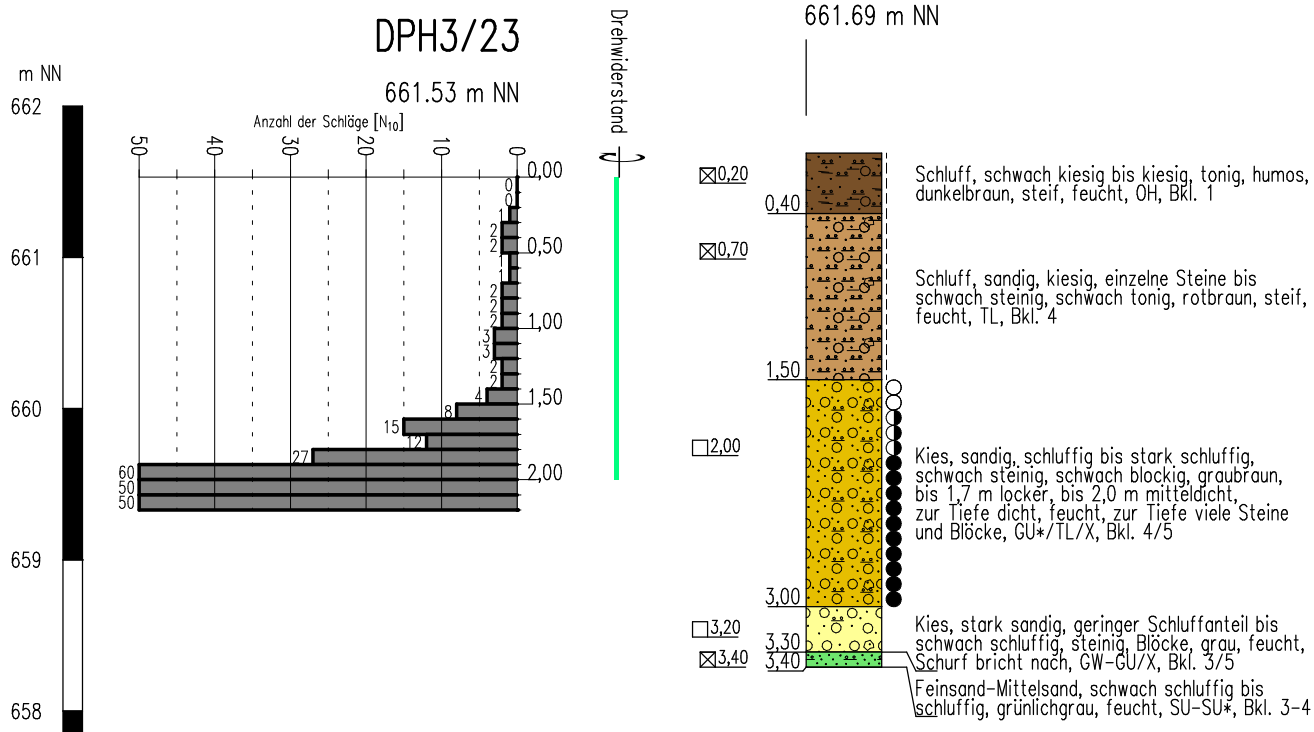
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU* GW-GU

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.12

Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies
- Molassesand

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4/5 3/5, 3-4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/TL/X GW-GU/X SU-SU*

Konsistenz/Lagerungsdichte

- steif
- locker
- mitteldicht
- dicht

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Drehwiderstand

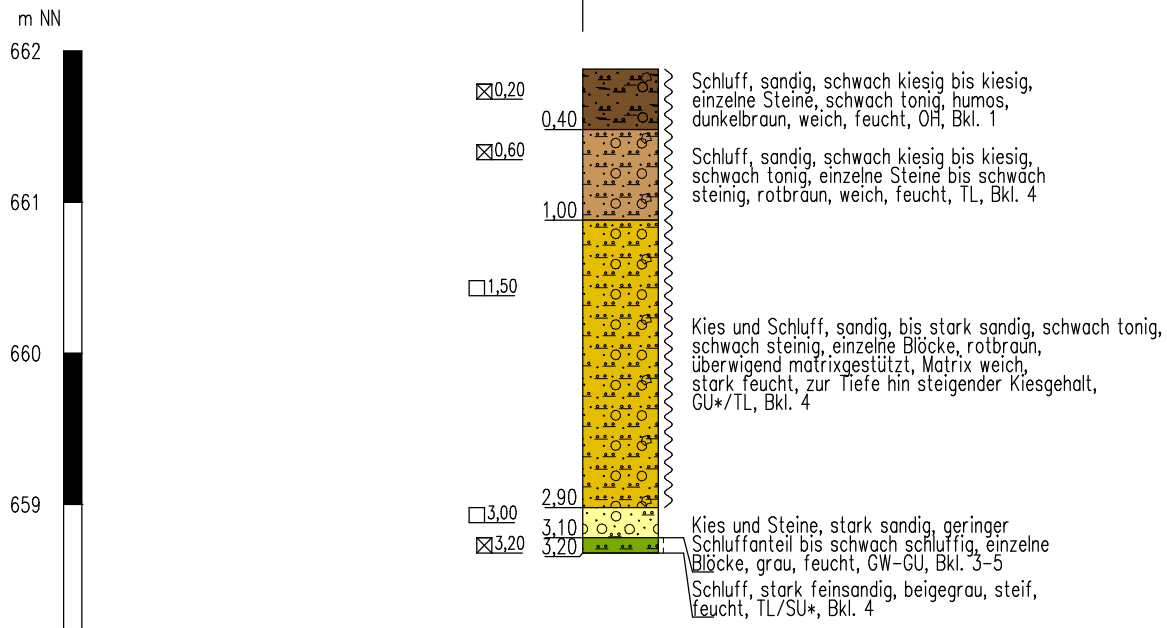
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.13

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG13/23

661.88 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies
- Molassemergel

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- steif

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-5

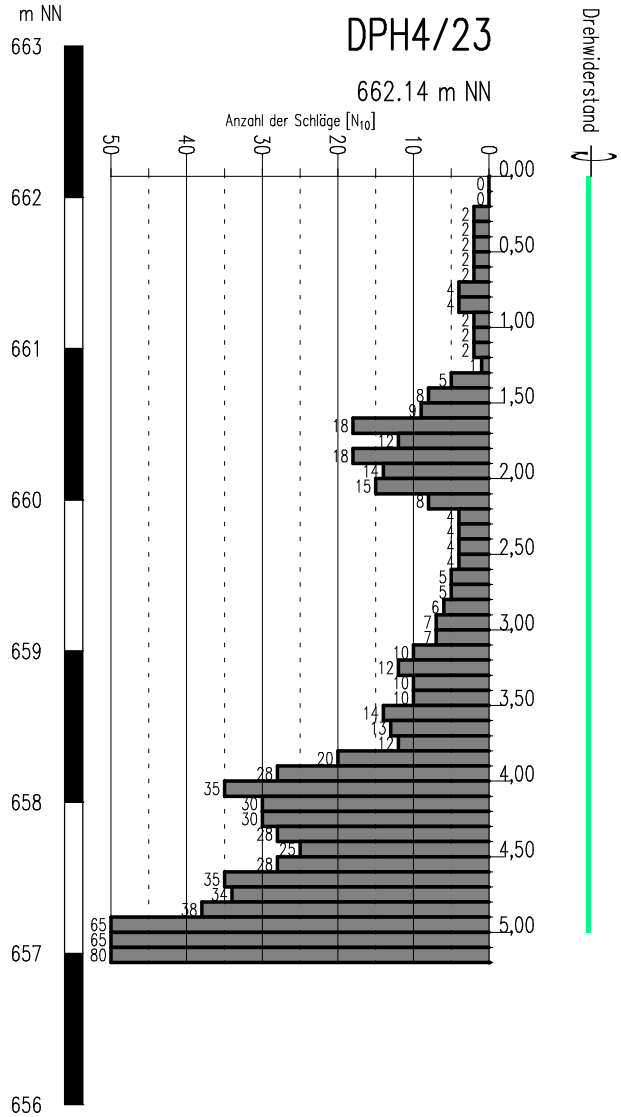
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/TL GW-GU TL/SU*

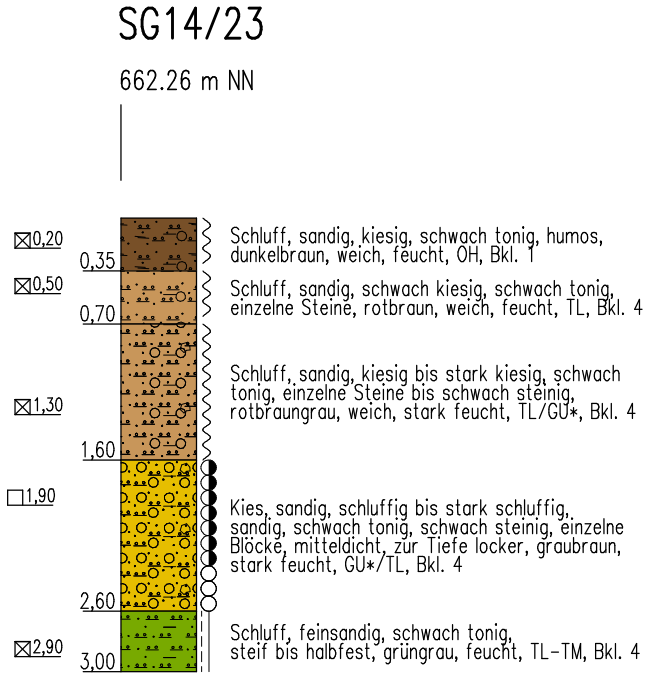
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.14

Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50





Geologische Bezeichnung
- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Molassemergel

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL/GU* GU*/TL TL-TM

Konsistenz/Lagerungsdichte
- weich
- steif bis halbfest
- locker
- mitteldicht

Proben
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

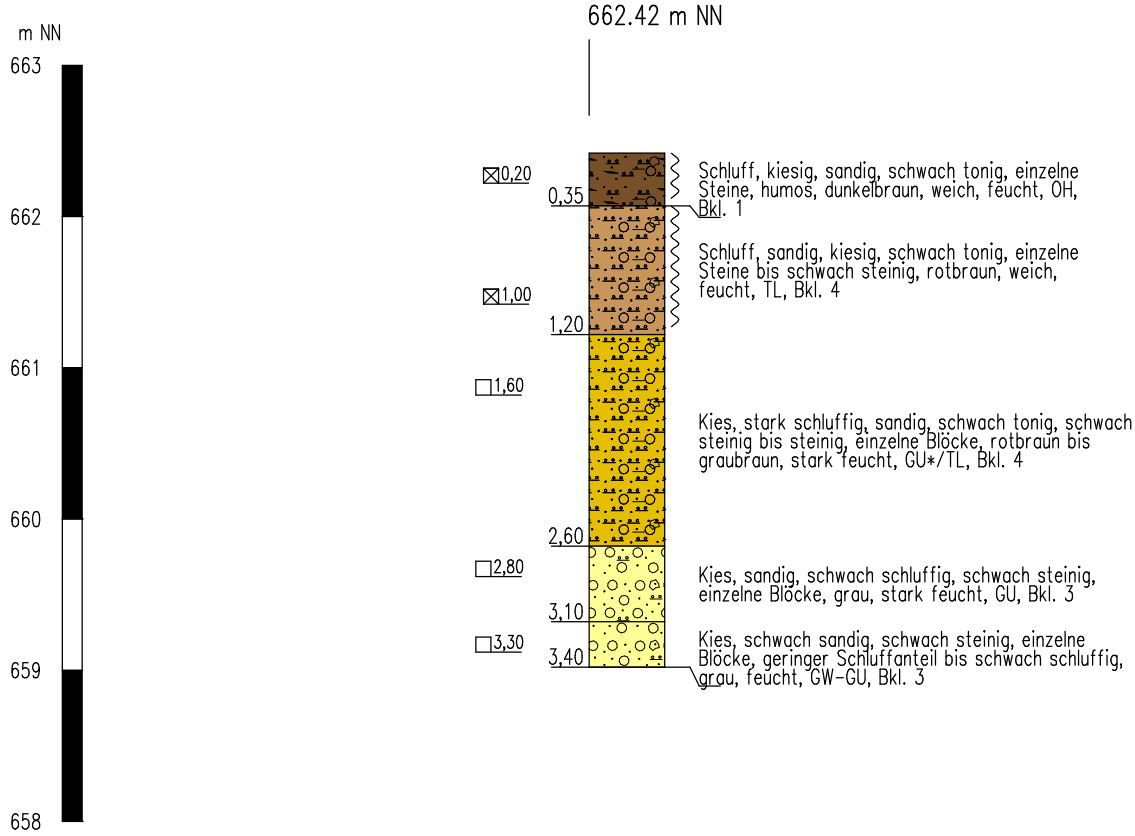
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.15

Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
SG15/23

662.42 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

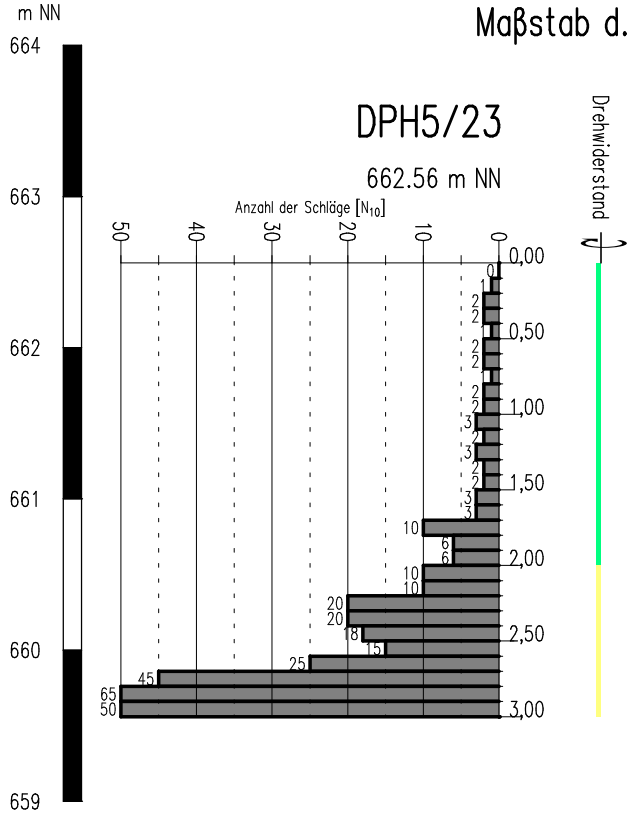
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*/TL GU GW-GU

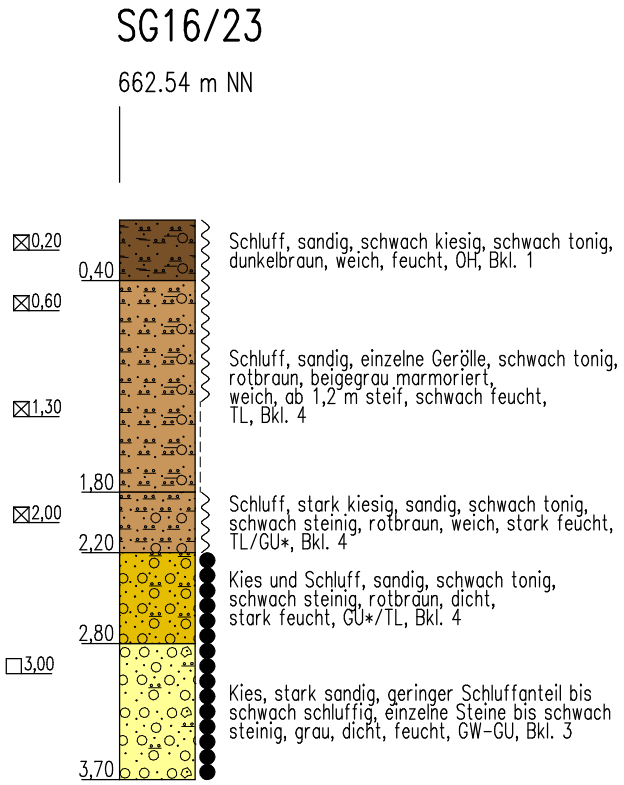
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße
AZ 230106-1

Anlage 2.16

Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50





Geologische Bezeichnung
- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3-5

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL/GU* GU*/TL GW-GU

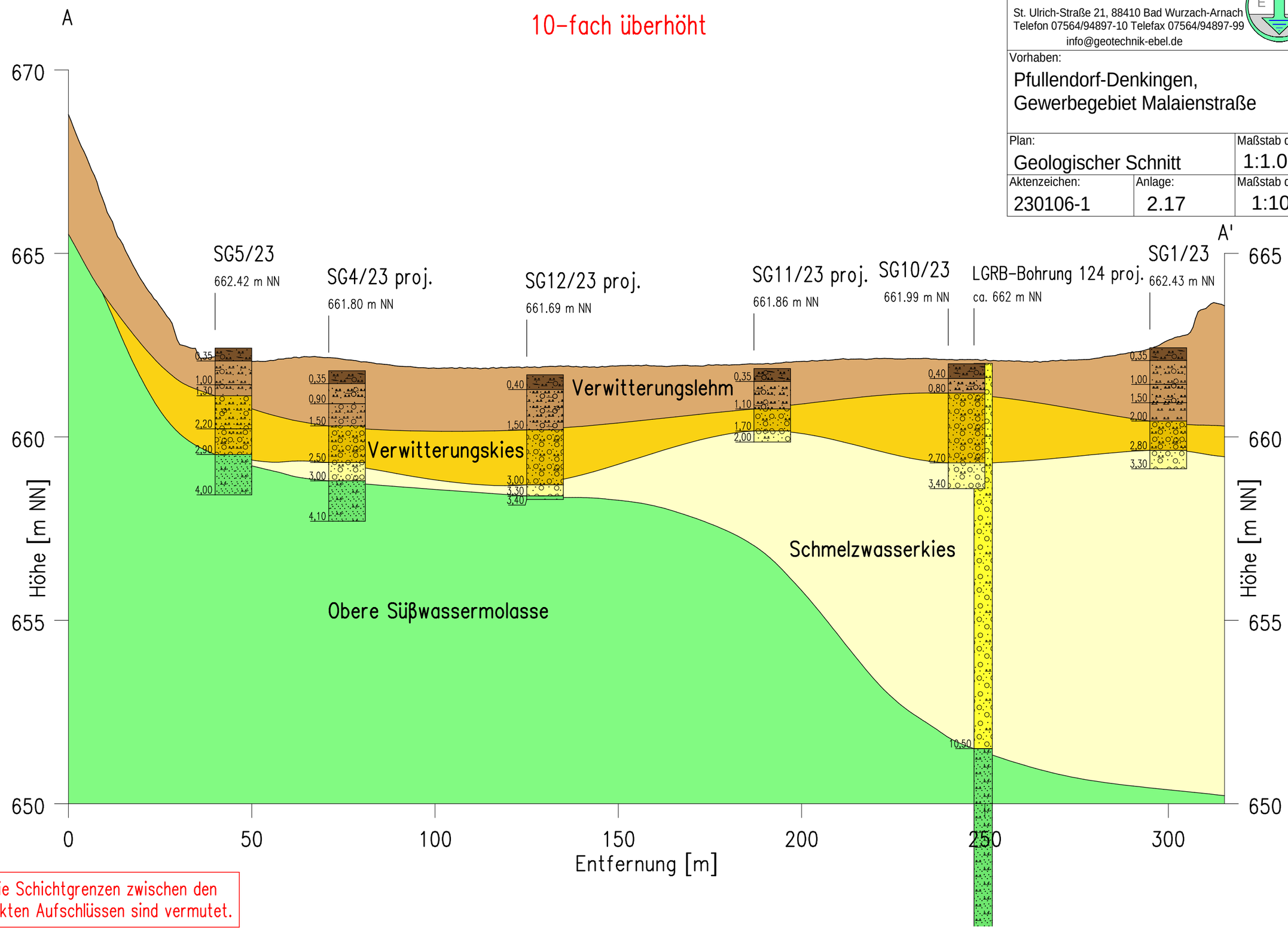
Konsistenz/Lagerungsdichte
- weich
- dicht

Proben
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe

Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:		
Pfullendorf-Denkingen, Gewerbegebiet Malaienstraße		
Plan: Geologischer Schnitt		Maßstab d. L.: 1:1.000
Aktenzeichen: 230106-1	Anlage: 2.17	Maßstab d. H.: 1:100

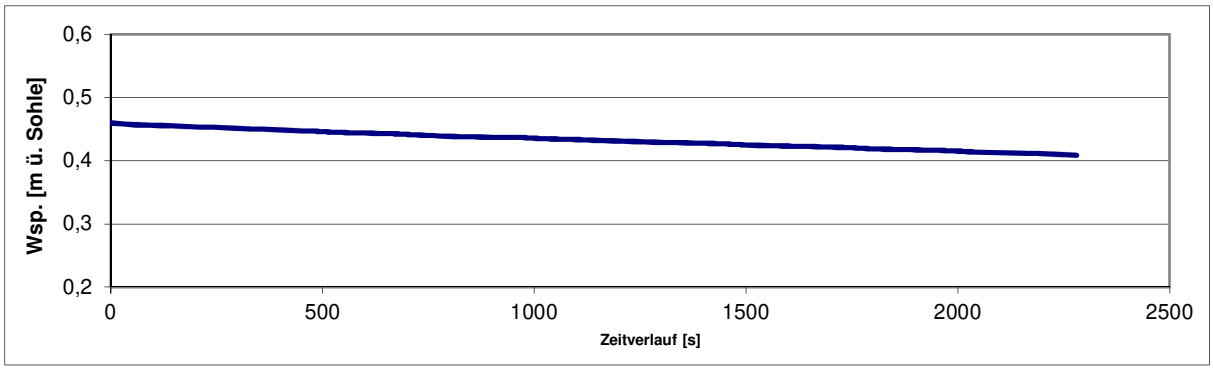


Die Schichtgrenzen zwischen den direkten Aufschlüssen sind vermutet.

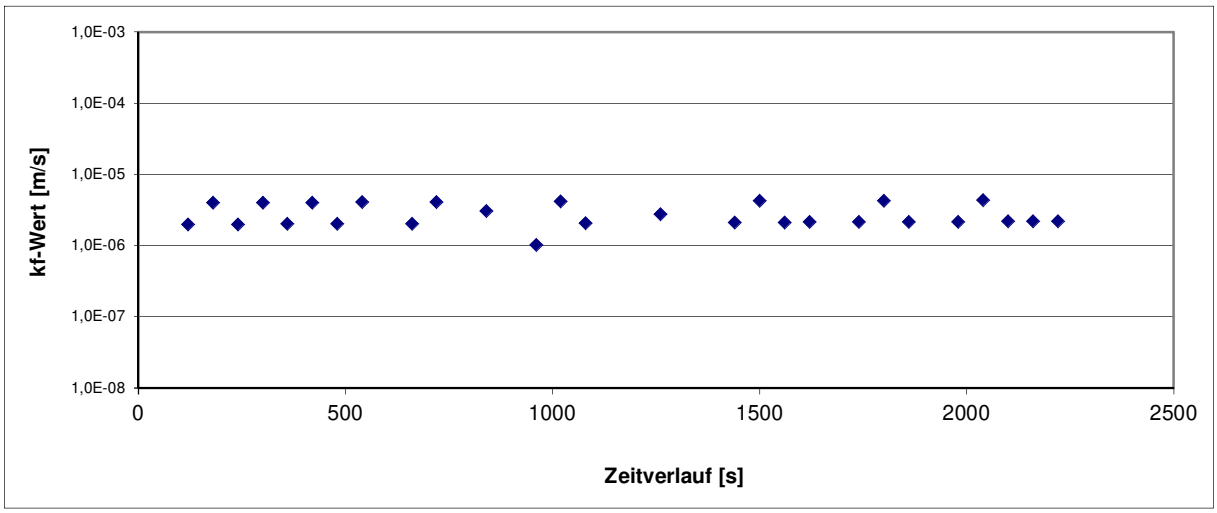
Auswertung eines Eingießversuches im Baggerschurf
Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	**SV1/23**	**Baggerschurf:**	**SG2/23**
Versickerungstiefe:	1,3 m unter Gelände	geprüfter Boden:	Verwitterungskies
Versuchsdatum:	31.01.2023	Bemerkungen:	

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **k_f = 3E-06 m/s**

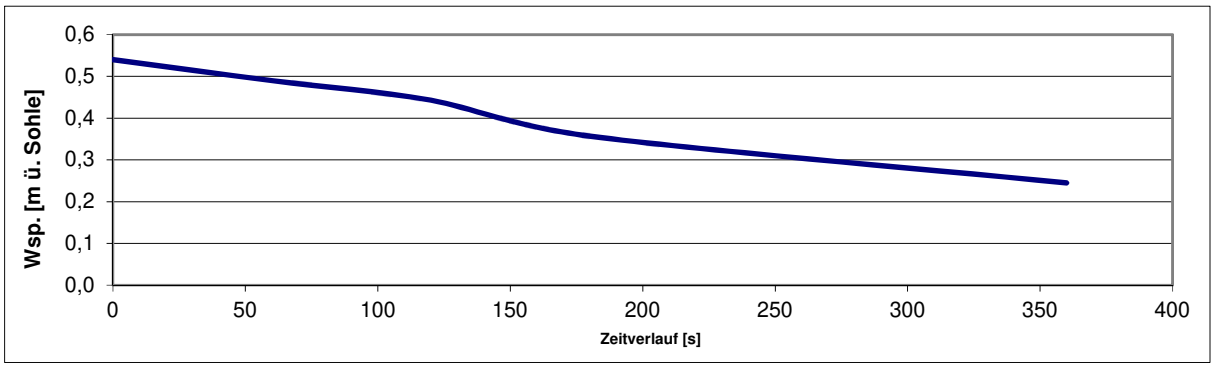
Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

> 10^{-2}	sehr stark durchlässig
10^{-2} bis 10^{-4}	stark durchlässig
10^{-4} bis 10^{-6}	durchlässig
10^{-6} bis 10^{-8}	schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-9}	sehr schwach durchlässig
< 10^{-9}	nahezu undurchlässig

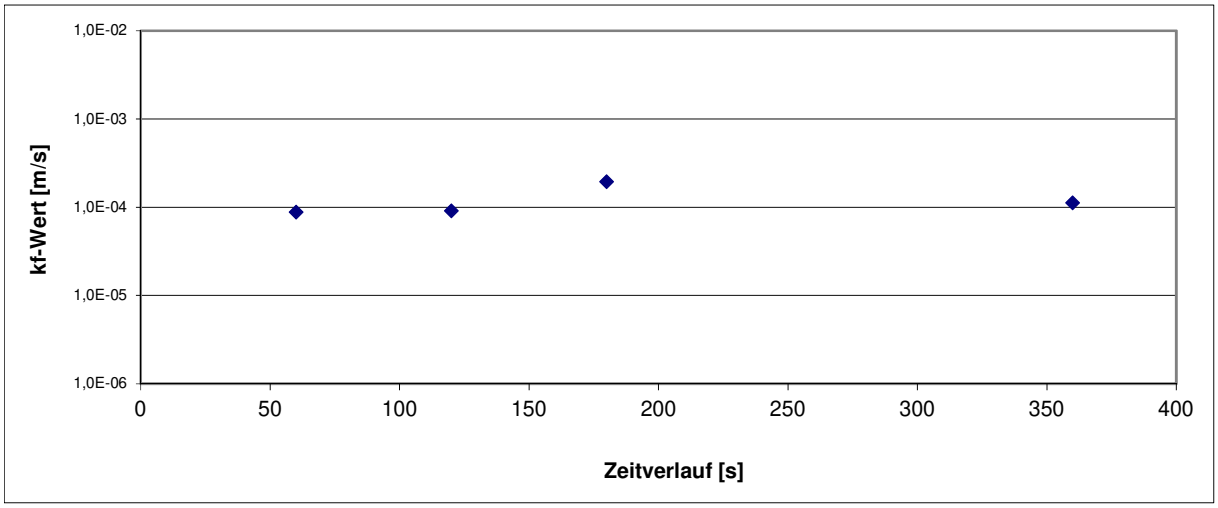
Auswertung eines Eingießversuches im Baggerschurf
Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	**SV2/23**	**Baggerschurf:**	**SG4/23**
Versickerungstiefe:	1,5 m unter Gelände	geprüfter Boden:	Verwitterungskies
Versuchsdatum:	31.01.2023	Bemerkungen:	leicht umläufig

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **k_f = 1E-04 m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

> 10^{-2}	sehr stark durchlässig
10^{-2} bis 10^{-4}	stark durchlässig
10^{-4} bis 10^{-6}	durchlässig
10^{-6} bis 10^{-8}	schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-9}	sehr schwach durchlässig
< 10^{-9}	nahezu undurchlässig

Wassergehalt nach DIN 18121 durch Ofentrocknung

Nr.	Aufschluss	Tiefe [m]	Zusammen-setzung	Wassergehalt [Massen-%]	Bemerkung
1	SG1/23	0,6	Gesamt	18,6	Verwitterungslehm
2			< 2 mm	19,6	
3	SG10/23	0,6	Gesamt	18,0	Verwitterungslehm
4			< 2 mm	24,1	
5	SG11/23	0,6	Gesamt	18,5	Verwitterungslehm
6			< 2 mm	33,4	
7	SG12/23	0,7	Gesamt	22,9	Verwitterungslehm
8			< 2 mm	29,8	
9	SG13/23	0,6	Gesamt	20,1	Verwitterungslehm
10			< 2 mm	29,0	
11	SG14/23	0,5	Gesamt	23,0	Verwitterungslehm
12			< 2 mm	23,5	
13		1,3	Gesamt	21,0	Verwitterungslehm
14			< 2 mm	34,4	
15	SG15/23	1,0	Gesamt	20,5	Verwitterungslehm
16			< 2 mm	29,5	
17	SG16/23	0,6	Gesamt	21,9	Verwitterungslehm
18			< 2 mm	22,5	
19		1,3	Gesamt	22,5	Verwitterungslehm
20			< 2 mm	22,6	
21		2,0	Gesamt	25,2	Verwitterungslehm
22			< 2 mm	32,0	

SG: Schürfgrube

Dr. Ebel & Co.
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
Bad Wurzach - Arnach

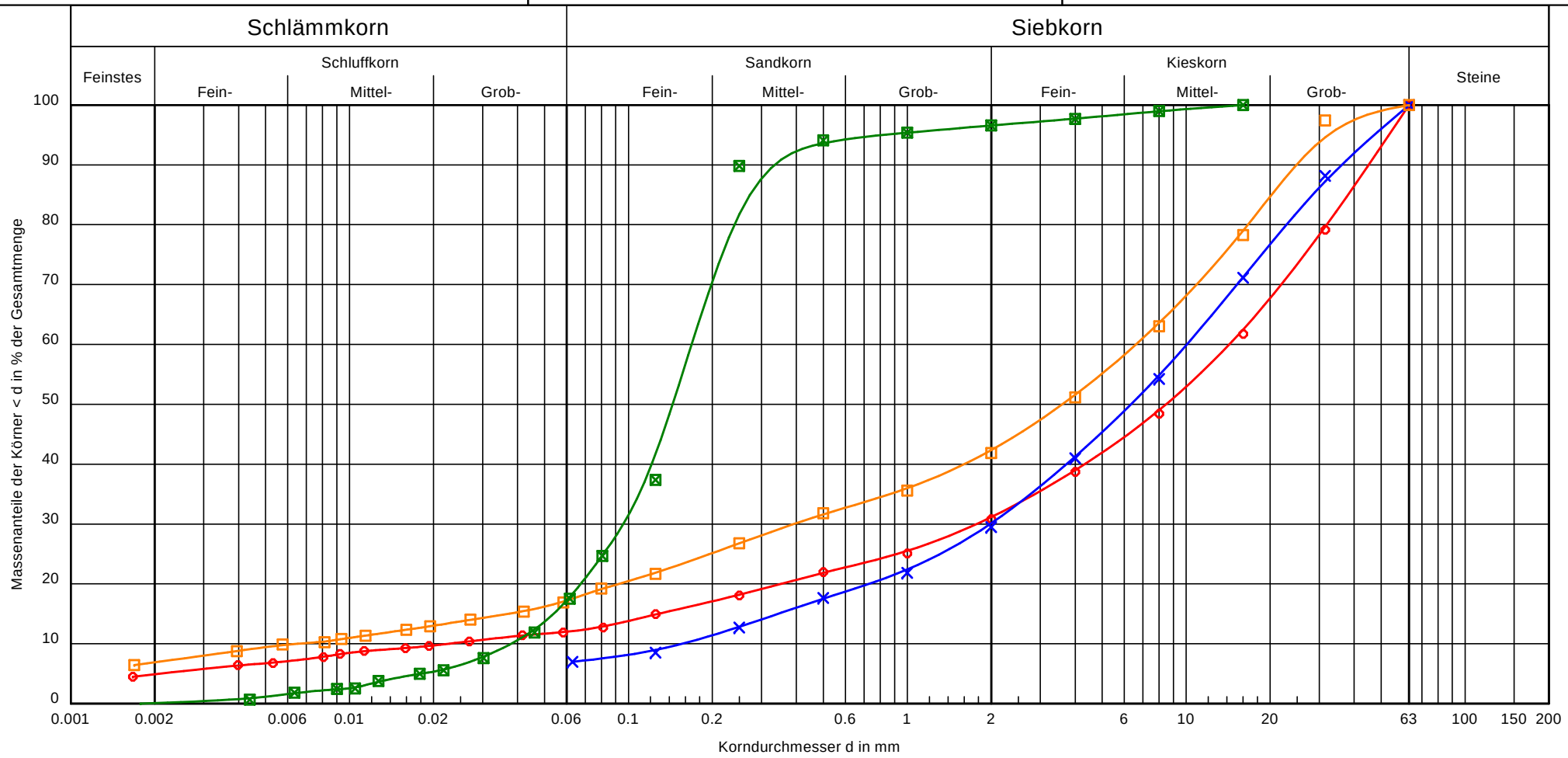
Bearbeiter: Fl. Datum: 22.02.2023

Körnungslinie nach DIN 18123

Pfullendorf-Denkingen

Gewerbegebiet Malaienstraße

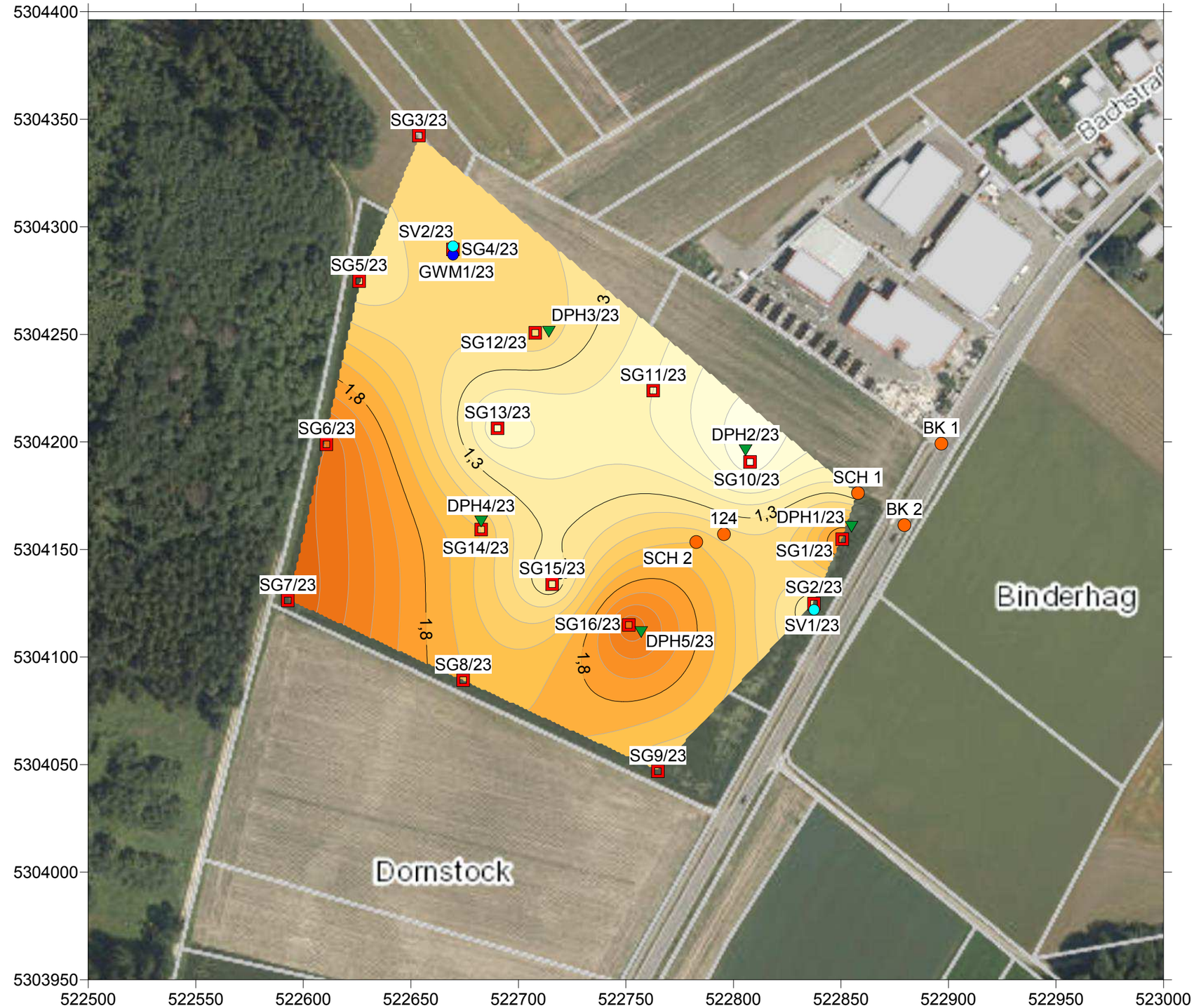
Prüfungsnummer:
Probe entnommen am: 31.01.2023
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse

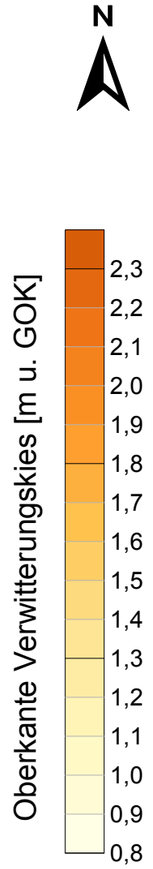


Entnahmestelle:	MP SG1 + SG2	MP SG1 + SG2	MP SG3 + SG4	MP SG3 + SG4 + SG5 3,5 m
Tiefe:	SG1 2,5 m + SG2 2,2 m	SG1 3,0 m + SG2 3,5 m	SG3 2,4 m + SG4 1,8 m	SG3 3,4 m + SG4 3,4 m +SG5 3,5 m
Bezeichnung:	Verwitterungskies	Schmelzwasserkies	Verwitterungskies	Molassesand
Bodenart:	G, u', ms', gs'	G, u', ms', gs'	G, t', u', fs', ms', gs'	fS, u, ms
k [m/s] nach BEYER (abgeschätzt):	$3.1 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-7}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$
U/Cc	629.2/9.7	64.5/2.5	1006.8/3.5	4.4/1.4
T/U/S/G [%]:	4.9/7.2/19.1/68.8	- /7.0/23.2/69.9	6.9/10.6/24.8/57.7	0.1/18.3/78.2/3.4
Signatur:				

Bemerkungen:

Bericht: AZ 230106-1
Anlage: 4.2





■	SG	Baggerschurf
▼	DPH	Schwere Rammsondierung
●	GWM	2"-Grundwassermessstelle
●	SV	Sickerversuch
●		Altaufschluss

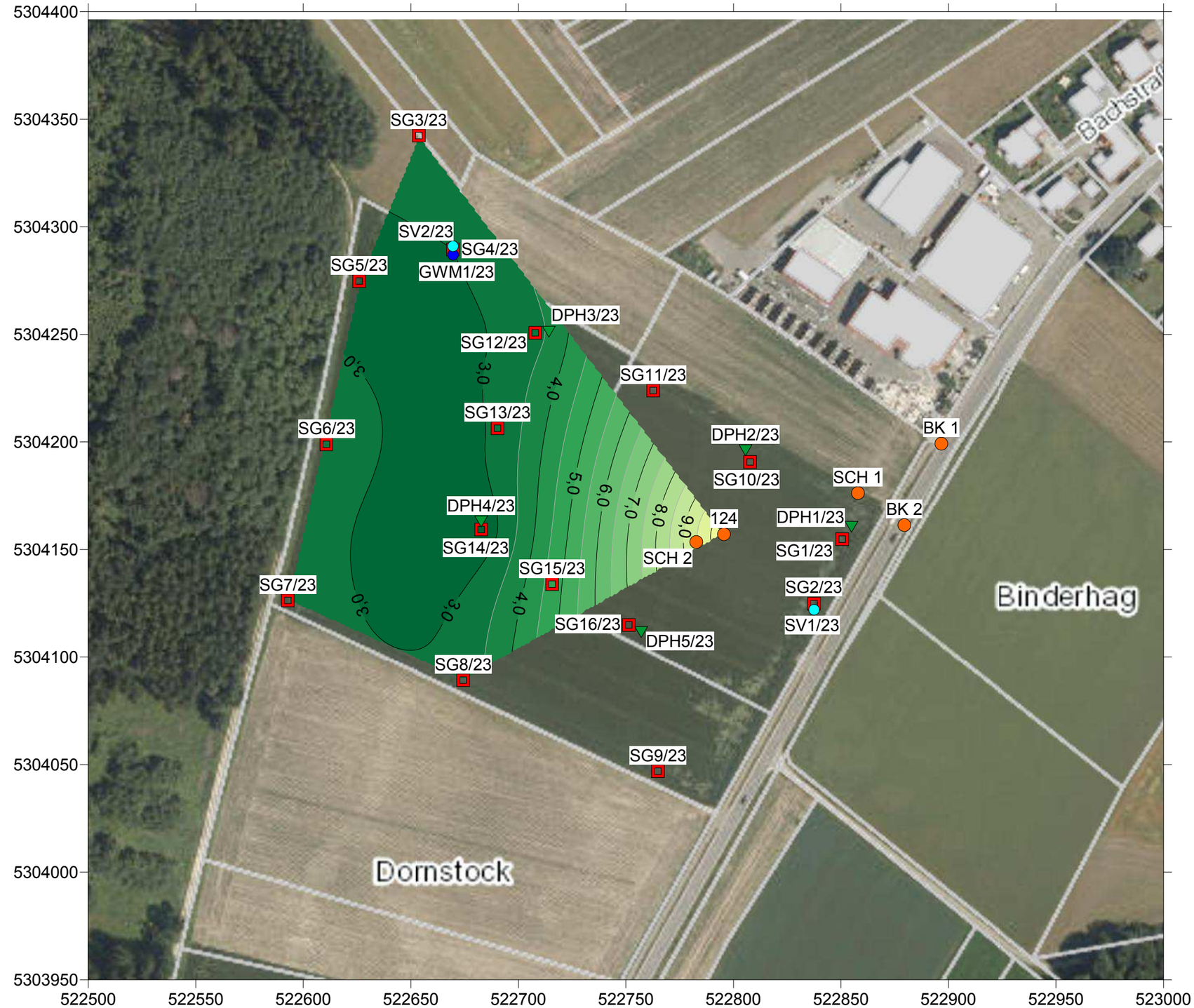
Anmerkung:
Es handelt sich um eine rechnerische Interpolation.
Die Schichtgrenzen zwischen den Aufschlüssen / Stützpunkten der Interpolation sind vermutet.

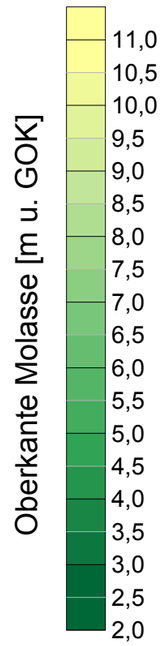
Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße

Plan:	Maßstab:
Lageplan mit Höhenlage OK Verwitterungskies (m u. GOK)	1:2.000

Aktenzeichen:	Anlage:	Grundlage:
230106-1	5.1	





N

0 50 100 150 200 250
m

▣	SG	Baggerschurf
▼	DPH	Schwere Rammsondierung
●	GWM	2"-Grundwassermessstelle
●	SV	Sickerversuch
●		Altaufschluss

Anmerkung:
Es handelt sich um eine rechnerische Interpolation.
Die Schichtgrenzen zwischen den Aufschlüssen / Stützpunkten der Interpolation sind vermutet.

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße

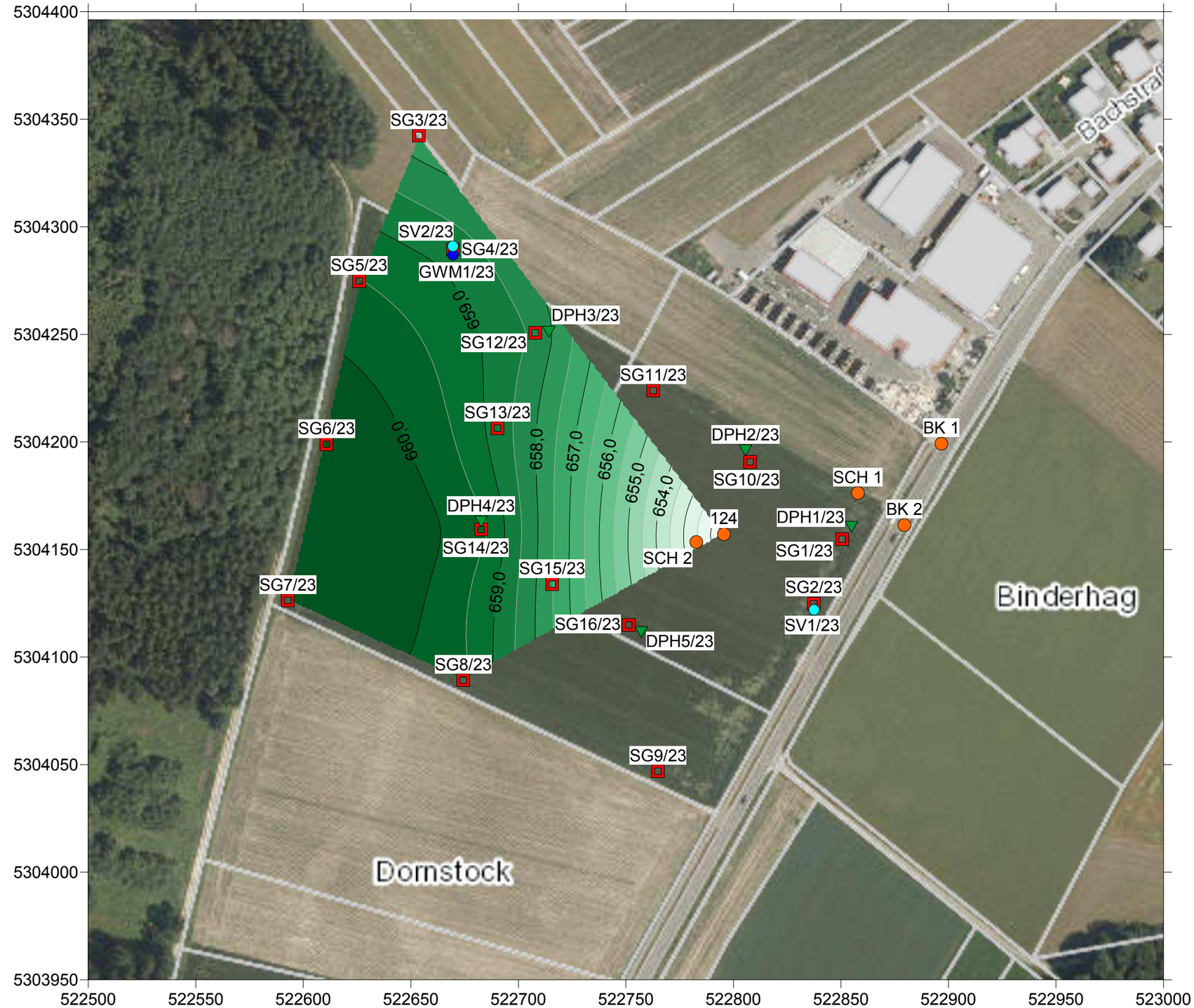
Plan:
Lageplan mit Höhenlage
OK Molasse (m u. GOK)

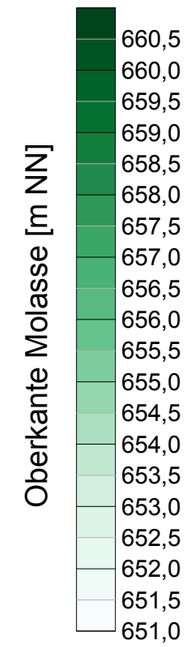
Maßstab:
1:2.000

Aktenzeichen:
230106-1

Anlage:
5.2

Grundlage:





N

0 50 100 150 200 250
m

Anmerkung:
Es handelt sich um eine rechnerische Interpolation.
Die Schichtgrenzen zwischen den Aufschlüssen / Stützpunkten der Interpolation sind vermutet.

SG	Baggerschurf
DPH	Schwere Rammsondierung
GWM	2"-Grundwassermessstelle
SV	Sickerversuch
	Altaufschluss

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Pfullendorf-Denkingen,
Gewerbegebiet Malaienstraße

Plan:
Lageplan mit Höhenlage
OK Molasse (m NN)

Maßstab:
1:2.000

Aktenzeichen:
230106-1

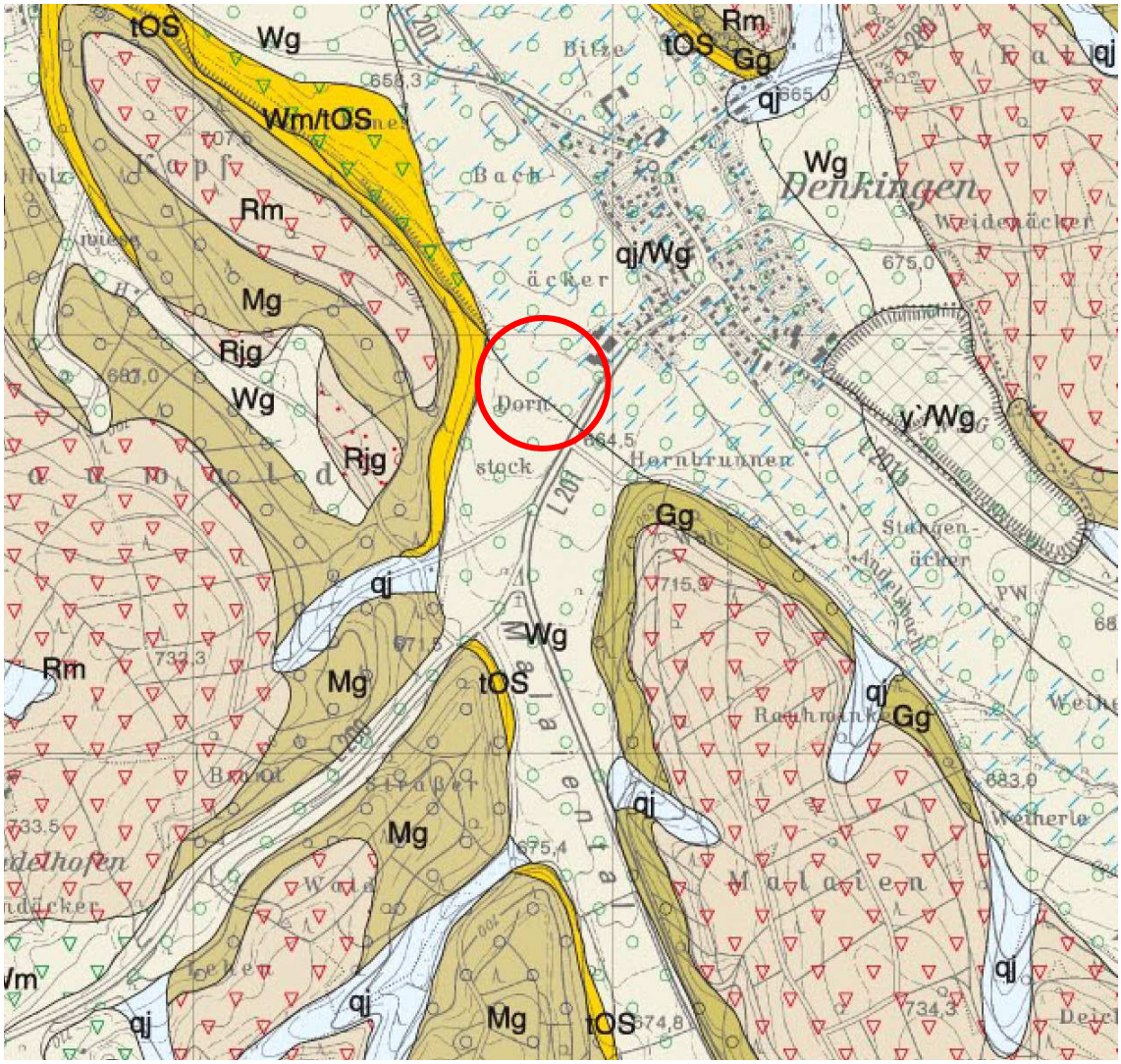
Anlage:
5.3

Grundlage:

Beilage 1

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG:
Auszug Geologische Karte Blatt 8121 Heiligenberg
(eine Seite)

Auszug aus Geologischer Karte 1:25.000 Nr. 8121 Heiligenberg



qj/ — **Junge Talfüllungen auf bekanntem Untergrund**

Wg — **Würmzeitliche Schotter**
Kies, locker gelagert, gut sortiert und gerundet, sandig, oftmals steinig, vereinzelt blockführend, lokal Sandlinsen [Niederterrasse]. Verbackungen selten, geringe Verwitterungstiefe (im allgemeinen ca. 0,5 - 1 m), geringe Tiefenverwitterung der Grobsedimentkomponenten; Jungpleistozän

tOS — **Obere Süßwassermolasse**
Sandstein, limnisch-fluviatil, Mergel, Sandmergel, Ton, Süßwasserkalk; Miozän

Beilage 2

LANDESAMT FÜR ROHSTOFFE, GEOLOGIE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (LGRB):
Auszug aus Aufschlussdatenbank, ein Aufschluss (eine Seite)

219
bei Wilhelmsdorf

Sp. 180/181 8122 / R 3525010 / 5303800

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Archiv
8122/238
LGRB

0 - 4,0 m Lehm und Kies
- 14,0 m Kies, Sand, tonig-grau
- 32,0 m Kies und Sand, grau

Quartär

- -

O S M

- 35,0 m Tonmergel, sandig, siltig, stark glimmersandig, grau, gelb

Sp. 215/216 8121 / R 3523930 H 5305080

0 - 3,5 m Lehm und Kies mit Moor
- 21,0 m Kies und Gerölle, grau, etwas sandig

Quartärkies

- -

Seeton

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Archiv
8121/122
LGRB

- 31,5 m Seeton, gelbbraun, tonig mit einzelnen Einlagen von OSM-Glimmersandeinschlüssen
- 35,0 m Seeton, gelbbraun, mit zunehmendem Tonmergel und Glimmersandbröckchen, wahrscheinlich zusammengeschwemmte OSM i. Quartär

Dl. Steinsfeldberg →

Sp. 230/231 8121 / R 3523240 H 5305580

1. 0 - 3,5 m Ton, gelb mit Nagelfluhbestandteilen

Quartär

- -

O S M

2. - 7,0 m Tonmergel, grau, bräunlich mit hellgrauen Glimmersanden
3. - 10,5 m Tonmergel, grau, siltig
4. - 14,0 m Tonmergel, grau, siltig mit hellgrauen Glimmersanden, teilweise stark mergelig mit etwas Kohletonen
5. - 17,5 m wie 4
6. - 21,0 m Tonmergel, grau, braun, weisslich mit etwas dunkelgrauen Kohletonen
7. - 24,5 m sandige Tonmergel, dunkelgrau, stark glimmersandig, feinsiltig
8. - 28,0 m wie 7

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Archiv
8121/123
LGRB

Sp. 240/241 8121 / R 3522880 H 5305840

0 - 10,5 m Kies und Sand, grau

Quartär

- -

O S M

- 28,0 m Glimmersand, hellgrau, bleigrau, weisslich mit sehr starken Glimmergehalten, durchgehend etwas Kies als Nachfall

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Archiv
8121/124
LGRB

Beilage 3

GEOPRO GMBH, STOCKACH:
Auszug aus dem geotechnischen und abfalltechnischen Bericht, vier Aufschlüsse (zwei Seiten)

geopro gmbh
Beratende Ingenieure und Geologen
Gaswerkstraße 17, 78333 Stockach
Fon 07771 / 8799-60, Fax 8799-66

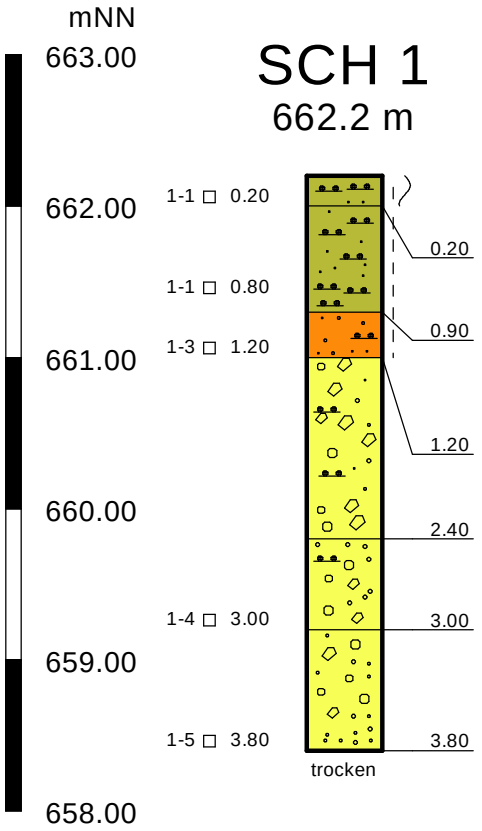
Anlage 2.1.1

Projekt Nr.: 12.2394

Projekt:	Pfullendorf-Denkingen, Gewerbegebiet Malaienstraße				
Bezeichnung:	Schurfprofile	Aufnahme:	Andreas Raschke	Datum:	25.02.2013

SCH 1

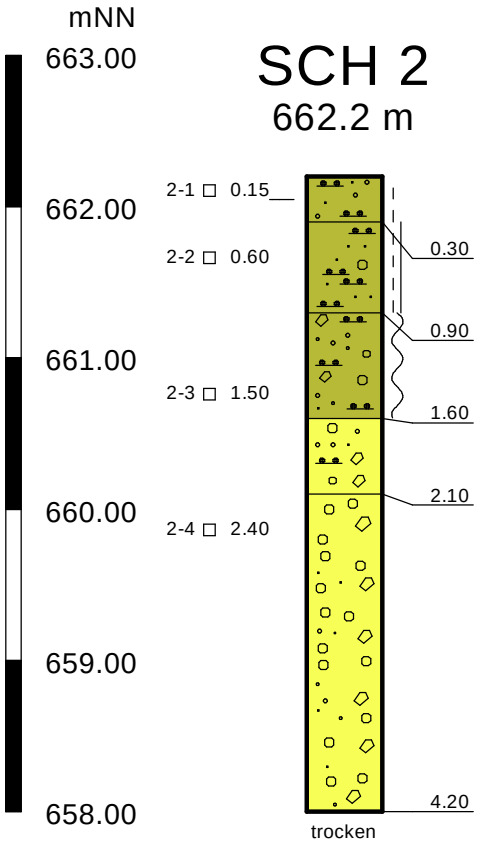
662.2 m



- 0.00 – 0.20: Schluff + Feinsand, schwach durchwurzelt, graubraun, Mutterboden
- 0.20 – 0.90: Schluff, feinsandig, entkalkt, gelbbraun, Talablagerung
- 0.90 – 1.20: Feinsand - Mittelsand, schluffig, schwach tonig, kiesig, entkalkt, gelbbraun, Talablagerung (Übergang)
- 1.20 – 2.40: Steine, kiesig, sandig, schluffig, Feinkorn weich bis steif, graubraun, Würmkies
- 2.40 – 3.00: Kies, grobsandig, steinig, sehr schwach schluffig, gelbbraun, Würmkies
- 3.00 – 3.80: Kies, mittelsandig - grobsandig, steinig, gelbbraun, Würmkies

SCH 2

662.2 m



- 0.00 – 0.30: Schluff + Sand, schwach durchwurzelt, graubraun, Mutterboden
- 0.30 – 0.90: Schluff + Feinsand, einzelne Kiese, entkalkt, Wurzelkanäle bis 0,7 m, gelbbraun, Talablagerung
- 0.90 – 1.60: Schluff, sandig, kiesig, steinig, entkalkt, rotbraun, Talablagerung
- 1.60 – 2.10: Kies, sandig, steinig, schwach schluffig, gelbbraun, Würmkies
- 2.10 – 4.20: Mittelkies - Grobkies, steinig (bis 0,3 m), sandig, sehr schwach schluffig, braungrau, Würmkies

Schurf fällt unterhalb 2,4 m zusammen

Legende

- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich

geopro gmbh
Beratende Ingenieure und Geologen
Gaswerkstraße 17, 78333 Stockach
Fon 07771 / 8799-60, Fax 8799-66

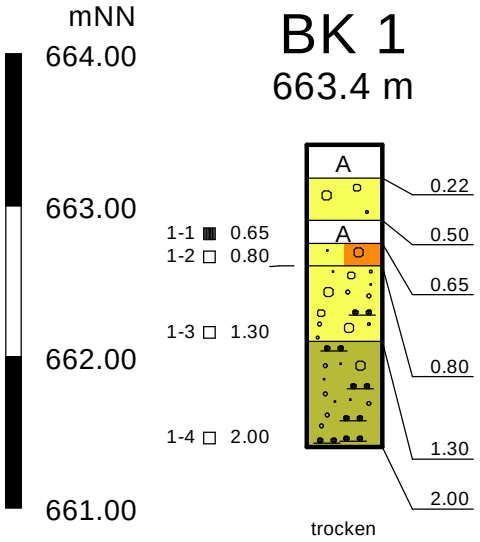
Anlage 2.1.2

Projekt Nr.: 12.2394

Projekt:	Pfullendorf-Denkingen, Gewerbegebiet Malaienstraße				
Bezeichnung:	Bohrprofile	Aufnahme:	Thomas Jaud	Datum:	09.04.2013

BK 1

663.4 m



Asphalt, schwarz

Kies, stark sandig, beigegrau, Auffüllung

Asphalt, teerhaltig, schwarz, Auffüllung

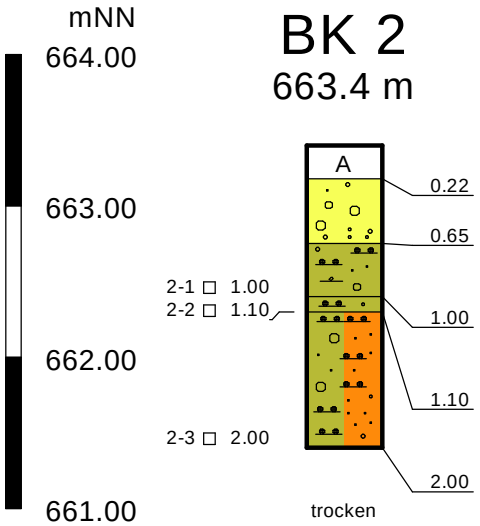
Kies, stark sandig, Ziegelsplitter, beigegrau, Auffüllung

Kies, sandig - stark sandig, schluffig, braun, Auffüllung

Schluff, sandig, kiesig, rötlich braun, Talablagerung

BK 2

663.4 m



Asphalt, schwarz

Kies, stark sandig, beigegrau, Auffüllung

Schluff, stark sandig, schwach feinkiesig, sehr schwach organisch, blaugrau, Talablagerung

Schluff, sandig, organisch, beige, schwarzbraun, Talablagerung

Schluff, feinsandig - sandig, schwach kiesig, einzelne Steine, rötlich braun, Talablagerung