

Pflegeheim Dreifaltigkeitshof Ulm

Baugrunduntersuchung

Auftrag-Nummer: 17007

Auftraggeber: Evangelische Heimstiftung GmbH
Hackstraße 12
70190 Stuttgart

Auftragnehmer: GeoBüro Ulm GmbH
Magirus-Deutz-Straße 9, 89077 Ulm,
Tel.: 0731 9600770, Fax: 0731 9600774

Auftrag vom: 27.01.2017

Datum der Fertigstellung: 07.04.2017

Anzahl der Seiten: 26

Anzahl der Anlagen: 7

Inhalt

1	Auftrag und Aufgabenstellung	4
2	Geplantes Bauwerk	4
3	Topographie und Baugeschichte	4
4	Geologischer Überblick.....	7
5	Durchgeführte Untersuchungen	7
5.1	Aufschlussarbeiten	7
5.2	Vermessungstechnische Arbeiten.....	8
5.3	Boden- und felsmechanische Laborversuche	8
5.4	Chemische Laboruntersuchungen	9
6	Untersuchungsergebnisse.....	10
6.1	Untergrundaufbau	10
6.1.1	Baugrundmodell.....	10
6.1.2	Oberboden	10
6.1.3	Auffüllungen und unterirdische Bauteile	11
6.1.4	Auelehm	11
6.1.5	Kies	11
6.1.6	Oberjura	12
6.2	Grundwasser	12
6.2.1	Grundwasserstände.....	12
6.2.2	Stau- und Schichtenwasser	13
6.2.3	Sickerfähigkeit des Untergrundes.....	14
6.3	Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen.....	15
7	Geotechnische Bewertung	17
7.1	Bodengruppen, Bodenklassen und erdstatische Rechenwerte	17
7.2	Erdbebengefährdung.....	18
7.3	Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials.....	18
8	Gründungsempfehlungen	19
8.1	Lage der Gründungssohlen.....	19
8.2	Flachgründung im Kalkstein oder im Kies.....	19
8.3	Tiefgründung auf Bohrpfählen.....	21
8.4	Gründung der Bodenplatte	23
9	Baugrube	23
10	Quellenverzeichnis	26

Anlagen

- 1 Übersichtskarte 1 : 10.000
- 2 Detailkarte 1 : 500
- 3 Geologische Schnitte
- 4 Bohrprofile der Kernbohrungen
- 5 Profile der schweren Rammsondierungen
- 6 Ergebnisse der chemischen Bodenuntersuchungen
- 7 Ergebnisse der erdstatischen Berechnungen

1 Auftrag und Aufgabenstellung

Die Evangelische Heimstiftung GmbH plant den Neubau eines Pflegeheims am Dreifaltigkeitshof in Ulm. Der Neubau soll die Gebäudeteile aus den 1950er Jahren (Neue Straße 114/1, 114/2, Adlerbastei 5) ersetzen. Die östlich liegenden Gebäudeteile aus den 1990er Jahren (Neue Straße 116) bleiben erhalten.

Das GeoBüro Ulm wurde durch den Bauherrn beauftragt, eine Baugrunduntersuchung sowie eine Untersuchung der Bausubstanz der rückzubauenden Gebäudeteile durchzuführen.

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse der Baugrunduntersuchung beschrieben und die aus geotechnischer Sicht notwendigen Angaben zur Planung und Gründung des Bauwerks dargelegt. Die Ergebnisse der Untersuchung der Bausubstanz werden in einem separaten Bericht dargestellt.

2 Geplantes Bauwerk

Die Baugrunduntersuchung ist als Grundlage für einen städtebaulichen Wettbewerb vorgesehen. Zur geplanten Neubebauung liegen keine konkreten Angaben vor. Grundsätzlich soll die Neubebauung etwa die gleichen Dimensionen wie die vorhandene Bebauung aufweisen.

3 Topographie und Baugeschichte

Die geplante Baufläche liegt am südöstlichen Rand des historischen Altstadt-kerns von Ulm. Die Innenstadt von Ulm liegt geographisch auf einer rißzeitlichen Terrassenfläche. In der Umgebung des Projektgebiets fällt das Gelände von ca. 475 m ü. NN auf der Terrassenfläche im Nordwesten auf ca. 467 m ü. NN in der Talau der Donau im Südosten ab. Der natürlich Hang wurde in diesem Bereich durch künstliche Auffüllungen im Zuge früherer Befestigungsanlagen überprägt. Durch diese Aufschüttungen liegt der zur Donau gerichtete Bereich des Projektgebietes an der Adlerbastion heute ca. 2 m höher als das von der Donau abgewandte Gelände an der Neuen Straße.

Zur Recherche der Baugeschichte haben wir das Archäologische Stadtkataster Baden-Württemberg, Band Ulm [4] ausgewertet und am 20.02.2017 eine Einsichtnahme in Bauakten des Bauarchivs der Stadt Ulm sowie am 03.03.2017 eine Einsichtnahme im Stadtarchiv Ulm vorgenommen.

Nach den Angaben im Stadtkataster [4] liegt das Untersuchungsgebiet unmittelbar östlich der staufischen Kernstadt in einem ab etwa 1350 besiedelten Bereich. Hier befand sich seit dieser Zeit ein Spital. Das Grundstück wird archäologisch als Fläche eingestuft, „auf der die Existenz archäologischer Zeugnisse begründet zu vermuten ist und die anlässlich von Baumaßnahmen untersucht werden muss“ [4].

Die südlich an das Grundstück anschließende Adlerbastion war Teil der Ulmer Stadtbefestigung aus dem 17. Jahrhundert. In [4] ist unmittelbar südlich des Ostflügels des Altbaues der aus dem 14. Jahrhundert stammende ehemalige Spitalturm gekennzeichnet, der 1605 beim Bau der Adlerbastion abgerissen wurde.

Die weitgehende Zerstörung der historischen Bebauung im 2. Weltkrieg wurde in den 1950er Jahren zu einer völligen Umgestaltung der Ulmer Innenstadt und u.a. für die Neuanlage der Neuen Straße genutzt. In der *Abbildung 2* ist die heute vorhandene Bebauung zusammen mit der Bebauung vor 1945 dargestellt.

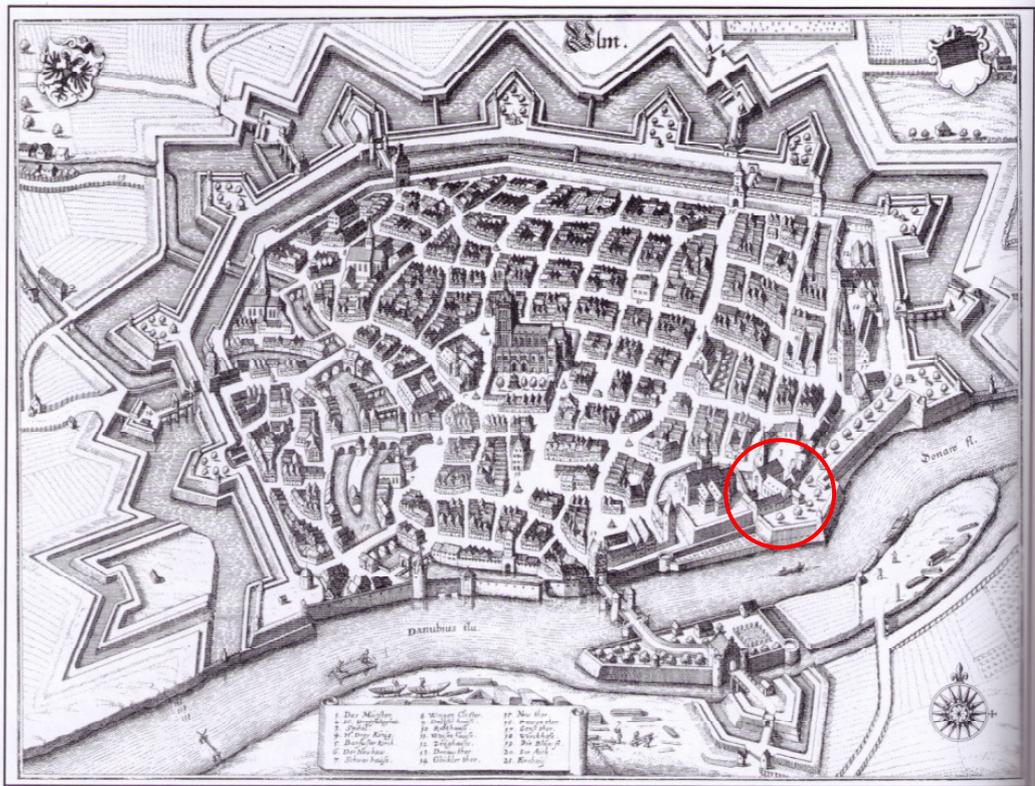


Abb. 1: Stadtbefestigung (Projektgebiet markiert) aus den Jahren 1620/21 [4]



Abb. 2: Heutige Bebauung unterlegt mit historischer Bebauung vor 1945 (Projektgebiet markiert) [4]

Zur Tiefenlage und Gründung der Gebäude vor 1945 konnten in den Archiven keine Angaben gefunden werden.

Die auf dem Grundstück vorhandenen Bestandsgebäude wurden in den 1950er Jahren errichtet. Ein genehmigter Bauantrag liegt vom 24.04.1957 vor. In den 1990er Jahren erfolgte ein umfangreicher Umbau.

Nach den Angaben aus den vorliegenden Grundrissen und Schnitten sind die Gebäude überwiegend 2-geschossig unterkellert. Die Oberkante des untersten Kellerfußbodens liegt auf einer Höhe von ca. 470,6 bis 470,7 m ü. NN. Das 1. Untergeschoss liegt gegenüber dem tiefer liegenden Benderhof westlich des Gebäudetraktes ebenerdig.

Der westliche Gebäudeflügel weist im Nordabschnitt ein 3. Untergeschoss auf. Die Fußbodenoberkante ist hier nach den vorhandenen Unterlagen auf ca. 468,00 m ü. NN anzunehmen (siehe *Abbildung 3*).

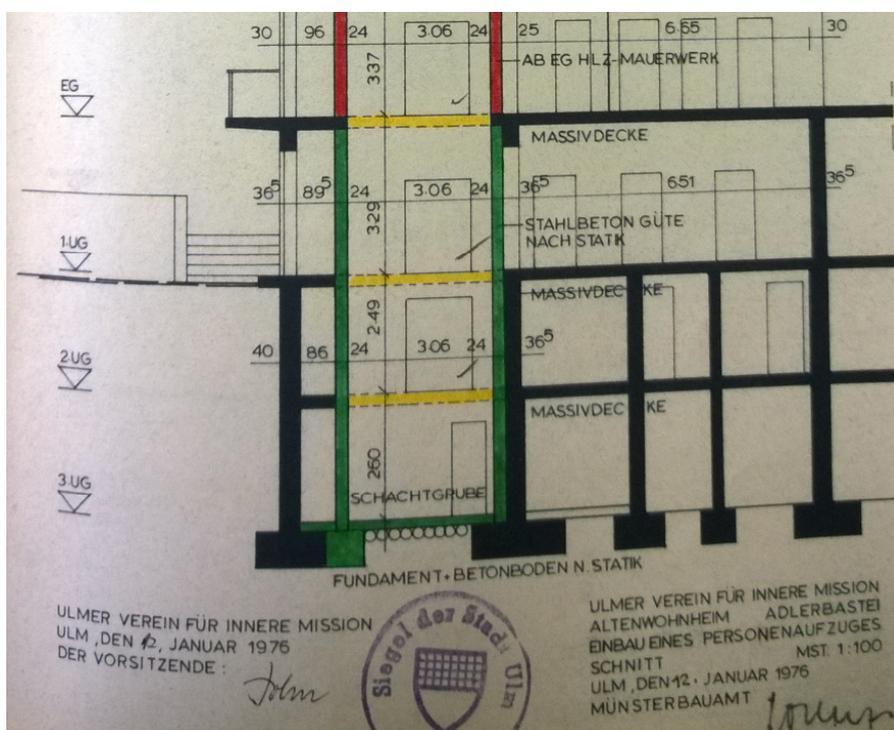


Abb. 3: Schnitt westlicher Gebäudeflügel im Bereich des 3. UG

Nach den Angaben in *Abb. 3* (Schnitt aus dem Jahre 1975) ist der 3-fach unterkellerte Bereich auf Fundamenten gegründet. In der angegebenen Gründungstiefe stehen nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen Festgesteine an. Gemäß *Abb. 3* wurden vermutlich auch die 2-geschossig unterkellerten Bereiche mit Fundamenten im Fels gegründet.

Für den östlichen Gebäudetrakt aus den 1990er Jahren, der bestehen bleiben soll, liegt uns das Baugrundgutachten [2] vor. Dieses Gebäude weist nach [2] eine 1-geschossige Tiefgarage auf. In [2] wurde für dieses Bauwerk eine Tiefgründung im Fels empfohlen.

4 Geologischer Überblick

Das Projektgebiet liegt zwischen der höher liegenden, rißzeitlichen Terrasse im Nordwesten und der tiefer eingeschnittenen Talau der Donau mit postglazialen, z.T. in historischer Zeit entstandenen Terrassenablagerungen im Südosten. Beide Schichten werden durch Kalksteine des Oberjura unterlagert. Der Untergrundaufbau wird durch tief reichende künstliche Auffüllungen beeinflusst.

Die rißzeitlichen Terrassenschotter wurden in den Bohrungen nicht nachgewiesen, so dass im Untersuchungsgebiet vor Aufbringen der Auffüllungen das Festgestein oberflächennah anstand. In Annäherung an die Donau treten unmittelbar über den Kalksteinen Auelehme (Bohrung KB 3) und jüngere Schotter der Postglazialterrasse der Donau auf (Bohrung KB 4).

5 Durchgeführte Untersuchungen

5.1 Aufschlussarbeiten

Zur Untersuchung des Untergrundaufbaus wurden vom 13.03. bis 16.03.2016 insgesamt 4 Kernbohrungen durchgeführt. Die Kernbohrungen wurden so tief wie technisch möglich mit dem Rammkernbohrverfahren gerammt. Nach dem Erreichen des nicht rammbaren Felses wurde auf das Rotationskernbohrverfahren umgestellt. Um eine Aussage für eine mögliche Tiefgründung zu ermöglichen, wurden die Bohrungen jeweils bis mind. 2 m in den als tragfähig eingestuften Fels abgeteuft.

Zur Verdichtung des Untersuchungsrasters wurden 5 schwere Rammsondierungen gerammt. Mit diesen Sondierungen sollte die Felsoberkante genauer erkundet und die Möglichkeit einer Flachgründung in den überlagernden Schichten untersucht werden.

Die Lage aller Aufschlüsse ist in der *Anlage 2* wiedergegeben. Die Aufschlüsse sind in der *Tabelle 1* zusammengefasst.

Aufschluss	Aufschlussart	Geländehöhe [m NN]	Teufe [m u. GOK]
KB 1	Kernbohrung		10,0
KB 2	Kernbohrung		12,0
KB 3	Kernbohrung		14,0
KB 4	Kernbohrung		13,5
DPH 1	schwere Rammsondierung		4,6 (Abbruch wegen Hindernis)
DPH 2	schwere Rammsondierung		10,1
DPH 3	schwere Rammsondierung		9,7
DPH 4	schwere Rammsondierung		6,5
DPH 4a	schwere Rammsondierung		1,5 (Abbruch wegen Hindernis)
DPH 5	schwere Rammsondierung		11,6

Tabelle 1: Aufschlüsse im März 2017

Vor Durchführung der Aufschlussarbeiten wurde eine Leitungserkundung durchgeführt. Die Aufschlusspunkte wurden durch einen Kampfmitteltechniker freigemessen.

Die schwere Rammsondierung DPH 4a wurde wegen eines abrupten Hindernisses in 1,5 m Tiefe abgebrochen und um ca. 0,5 m auf den Sondierpunkt DPH 4 umgesetzt. Die schwere Rammsondierung DPH 1 traf in ca. 4,6 m Tiefe ebenfalls auf ein Hindernis. Hier wurde wegen der bereits erreichten Tiefe auf einen Neuanatz verzichtet.

Aus den Kernbohrungen wurden durch das GeoBüro Ulm Proben für entsorgungstechnische chemische Untersuchungen entnommen.

Die Aufschlüsse, insbesondere die maschinellen Kernbohrungen, mussten an der Neuen Straße wegen des Verlaufes vorhandener Leitungen und an der Adlerbastion wegen der vorhandenen Einfriedungen um mehrere Meter von der geplanten Baufläche seitlich versetzt werden. Wegen der angetroffenen relativ gleichmäßigen Verhältnisse halten wir die Aufschlüsse aber für die Baufläche für repräsentativ.

5.2 Vermessungstechnische Arbeiten

Die Bohransatzpunkte wurden vor Ort in Bezug zur bestehenden Bebauung eingemessen. Für die Nivellierung der Höhen der Bohransatzpunkte wurden folgende, im Kanalplan der Entsorgungsbetriebe Ulm angegebene Kanaldeckel verwendet:

Lage	Kanaldeckel Nr.	Höhe [m ü. NN]
Neue Straße	87	474,55
	88	474,38
Benderhof	74	473,58
Adlerbastei	4	476,71
	5	476,43

Tabelle 2: Verwendete Höhenbezugspunkte

5.3 Boden- und felsmechanische Laborversuche

Die bodenmechanischen Eigenschaften der auftretenden Lockergesteine sind weitgehend aus den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen abzuleiten. Natürliche bindige Böden, an denen bodenmechanische Versuche sinnvoll sind, treten nicht in nennenswertem Umfang auf. Der auftretende Kalkstein ist bereits anhand von Feldversuchen eindeutig als hart einzustufen. Auf die Durchführung boden- oder felsmechanischer Laborversuche wurde daher verzichtet.

5.4 Chemische Laboruntersuchungen

Zur orientierenden Untersuchung des potentiellen Aushubmaterials haben wir folgende Mischproben zusammengestellt:

Material	Mischprobe Nr.	darin enthaltene Einzelproben	Tiefenbereich von [m] bis [m]
künstl. Auffüllungen an der Neuen Straße	MP 1	1-1	1,3-5,6
		1-2	5,6-6,1
		2-2	1,6-4,3
		2-3	4,3-6,9
künstl. Auffüllungen an der Adlerbastion	MP 2	3-1	0,2-3,0
		3-2	3,0-6,7
		3-3	6,7-10,3
		4-1	1,1-7,0

Tabelle 3: Untersuchte Mischproben

Mit den Mischproben wurden die flächenhaft vorhandenen historischen Auffüllungen erfasst, die den größten Teil des Aushubmaterials darstellen werden. Da alle Aufschlüsse außerhalb der Gebäudegrundrisse liegen, wird damit vor allem der Aushub aus den potentiellen Böschungsbereichen der Baugrube erfasst.

Die Mischproben MP 1 und MP 2 wurden jeweils auf die gesamten Parameter nach der Verwaltungsvorschrift Boden als Abfall Ba.-Wü. analysiert.

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Untergrundaufbau

6.1.1 Baugrundmodell

Unter der meist vorhandenen Oberflächenbefestigung wurden tiefgründige künstliche Auffüllungen angetroffen, die sich überwiegend aus locker gelagerten schwach schluffigen Kiesen mit wechselnden Ziegelanteilen zusammensetzen. In der Bohrung KB 2 wurden überwiegend bindige Auffüllungen aus weichem bis steifem Ton und kiesigem Ton erbohrt. Die künstlichen Auffüllungen reichen im Norden an der Neuen Straße bis in ca. 6,1 bis 6,9 m Tiefe und im Süden an der Adlerbastion bis in ca. 7,0-10,3 m Tiefe unter Gelände.

In der Kernbohrung KB 4 wurden von ca. 7,0 bis 9,4 m Tiefe gemauerte Kalksteinblöcke durchkernt, bei denen es sich um Reste des ehemaligen Spitalturms handeln kann.

Die künstlichen Auffüllungen werden im Norden an der Neuen Straße unmittelbar von Kalkstein unterlagert, der in der Bohrung KB 2 von einer ca. 0,5 m starken Übergangsschicht aus Steinen in Tonmatrix abgedeckt wird. Im Süden an der Adlerbastion tritt zwischen den Auffüllungen und den Kalksteinen in der Bohrung KB 3 ein ca. 1 m mächtiger weicher Auelehm auf. In der Bohrung KB 4 wurden zwischen den Mauerwerksresten und den Kalksteinen Kiese erbohrt, die sich nach den Ergebnissen früherer Untersuchungen [2] nach Nordosten fortsetzen.

Der in den Aufschlüssen angetroffene Untergrundaufbau wird wie folgt zusammengefasst:

Stratigraphie	Bodenart, Konsistenz und Lagerungsdichte	Erbohrte Untergrenze [m u. GOK]	Erbohrte Mächtigkeiten [m]	Hydrogeologische Zuordnung
künstliche Auffüllungen	Überwiegend schwach schluffige Kiese mit wechselnden Ziegelanteilen, locker gelagert, z.T. Ton-Schluff, weich, in KB 4 massive Mauerreste	6,1 bis 10,3	6,0 bis 10,1	Überwiegend Grundwasserleiter
Auelehm (KB 3)	Ton, stark humos, weich	11,3	1,0	Grundwasserstauer
Postglazialterrasse der Donau	Kies, sandig	12,9	2,9	Grundwasserleiter
Oberjura	Kalkstein, hart	> 14,0	bis 4,4	Karstgrundwasserleiter

Tabelle 4: Baugrundmodell

6.1.2 Oberboden

Auf den Grünflächen im Bereich des Innenhofes des Altbaus tritt ein künstlich aufgebracht Oberboden auf.

6.1.3 Auffüllungen und unterirdische Bauteile

In den Kernbohrungen KB 1 und KB 4 wurden bis in ca. 1,1-1,3 m Tiefe Bauteilreste aus Mauerwerk und Beton angetroffen. Entsprechend *Abbildung 2* auf *Seite 5* befand sich hier die vor 1945 vorhandene Altbebauung, so dass es sich vermutlich um Bauteilreste aus dieser Zeit handelt.

In der Bohrung KB 4 wurden von ca. 7,0 m bis 9,4 m Tiefe mit grobem Zement vermörtelte Kalksteine erbohrt. Es kann sich dabei um das Fundament des ehemaligen Spitalturms handeln.

Im obersten Bereich bis in ca. 3,1 m Tiefe sind die künstlichen Auffüllungen z.T. sehr wechselhaft zusammengesetzt und enthalten neben alten Tragschichten aus Sand, Kies oder Steinen Lagen aus reinem Ton oder Schluff. Darunter sind die Auffüllungen meist relativ homogen zusammengesetzt und bestehen überwiegend aus hellbraungrauen, braungrauen oder rotbraunen sandigen und schwach schluffigen Kiesen. In der Bohrung KB 2 überwiegen davon abweichend dunkelbraungraue bis schwarzbraune Tone mit weicher bis steifer Konsistenz.

Das Bohrgut enthält meist Ziegelreste mit einem geschätzten Anteil von ca. 2-10%. In der Bohrung KB 1 liegt der Ziegelanteil deutlich höher bei ca. 50-70%.

In der Bohrung KB 3 ist die Auffüllung z.T. mit Ascheresten durchsetzt und hat ein brandschuttartiges Aussehen.

Nach den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen sind die künstlichen Auffüllungen überwiegend locker gelagert. Diese Schichten scheiden somit für die Gründung des geplanten Neubaus grundsätzlich aus.

Bodengruppen nach DIN 18196: [GW], [GU], [GU]*, z.T. [TM], [TL], [UM], [UL]

6.1.4 Auelehm

Der in der Bohrung KB 3 erbohrte Auelehm setzt sich aus schwarzen bis schwarzbraunen, stark humosen Tonen mit weicher Konsistenz zusammen.

Bodengruppe nach DIN 18196: OT

Die angetroffenen organischen Sedimente sind den Bodengruppen OU, OK und F nach DIN 18196 zuzuordnen.

6.1.5 Kies

In der Bohrung KB 4 wurden zwischen dem Mauerwerk und dem Kalkstein Kiese angetroffen, die einer jungen Postglazialterrasse der Donau zuzuordnen sind. Wegen der erforderlichen Durchkernung des überlagernden Mauerwerks im Rotationskernbohrverfahren mussten auch die Kiese mit diesem Bohrverfahren durchteuft werden, so dass entsprechend starke Probenverluste auftraten. Eine repräsentative Beprobung der Kiese war daher nicht möglich.

Nach den Ergebnissen der Untersuchungen [2] setzen sich die Kiese nordöstlich des Projektgebietes fort. Nach den in [2] durchgeführten Siebanalysen handelt es sich um

ungleichförmige, sandige und fein- bis grobkiesige Mittelkiese. Die Kiese werden in [2] überwiegend als mitteldicht eingestuft.

Bodengruppe nach DIN 18196: GW

6.1.6 Oberjura

Die erbohrten Festgesteine setzen sich ausschließlich aus hellbeigen, harten Kalksteinen zusammen. Die Kalksteine sind im oberen Bereich bis ca. 0,7 bis 1,5 unterhalb der Felsoberkante kleinstückig zerbohrt. Dieser Bereich ist der sehr stark geklüfteten Verwitterungszone zuzuordnen.

Darunter überwiegen Kernstücklängen von ca. 0,1 bis 0,6 cm, so dass überwiegend von einer mäßigen Klüftung auszugehen ist. Karsthohlräume oder mit Ton verfüllte Klüfte wurden nicht angetroffen. Das vorhandene Bohrraster reicht aber für einen sicheren Ausschluss von Karsthohlräumen nicht aus. Die angetroffenen, relativ reinen Kalksteine sind prinzipiell als anfällig für Verkarstungserscheinungen zu betrachten.

Bei den Untersuchungen [2] wurde an einer Probe aus dem Kalkstein eine einaxiale Druckfestigkeit von $\sigma_u = 97,4 \text{ MN/m}^2$ gemessen. Dies entspricht auch unserer Einschätzung des Kalksteins aufgrund von Feldversuchen als „hart“ mit $\sigma_u > 50 \text{ MN/m}^2$ nach DIN 1054.

6.2 Grundwasser

6.2.1 Grundwasserstände

Die im Zuge der Untersuchungen im März 2017 in den Bohrungen gemessenen Grundwasserstände sind in der *Tabelle 5* zusammengestellt:

Aufschluss	Datum	Grundwasserstand [m u. Gelände]	OK Gelände [m ü. NN]	Grundwasserstand [m ü. NN]
KB 1	16.03.2017	8,30	474,52	466,22
KB 2	15.03.2017	nicht messbar	474,59	-
KB 3	13.03.2017	10,80	476,81	466,01
KB 4	14.03.2017	10,38	476,50	466,12

Tabelle 5 **gemessene Grundwasserstände**

Das Grundwasser wurde in den Bohrungen KB 1 und KB 3 in den Kalksteinen angebohrt und liegt hier als Karstgrundwasser vor. In der Bohrung KB 3 ist das Karstgrundwasser durch die überlagernden Auelehme leicht gespannt.

In der Bohrung KB 4 liegt das Grundwasser im Kiesgrundwasserleiter. Da eine abdichtende Schicht zwischen Kiesen und Kalksteinen fehlt, liegt in diesem Bereich eine hydraulische Verbindung zwischen Kies- und Karstgrundwasserleiter vor.

Bei der Festlegung des Bemessungswasserspiegels, der für die Abdichtung der Untergeschosse und die Bemessung gegen Auftrieb maßgebend ist, muss der mögliche Einfluss der Wasserstände der Donau berücksichtigt werden. Wie aus der Anlage 2 ersichtlich ist, liegt die Donau ca. 45 m vom südöstlichen Rand der bestehenden Gebäude entfernt.

Im Zuge früherer Untersuchungen auf der Insel in Neu-Ulm haben wir die Hochwasserstände in diesem Bereich recherchiert. Laut einer Mitteilung des Wasserwirtschaftsamtes Donauwörth liegt die Wasserspiegellage der Donau beim HQ100-Abfluss in diesem Bereich bei 469,42 m ü NN. Prinzipiell kann das Grundwasser im Untersuchungsgebiet kurzfristig das Niveau eines Donauhochwassers annehmen.

Im Internet ist eine durchgehende Messreihe der Grundwassermessstelle Neu-Ulm, Ludwigsfeld, Auffahrt B30-BAB seit 2005 verfügbar. Die Grundwassermessstelle ist im Grundwasserleiter aus Kiesen der Postglazialterrasse in einem Abstand von ca. 160 m zur Iller ausgebaut. Das Grundwasser lag hier z.Zt. unserer Untersuchungen ca. 3,2 m unter dem seit 2005 gemessenen höchsten Grundwasserspiegel. Diese hohe Schwankungsbreite weist auf einen starken Einfluss der Iller hin. Hieraus würde sich übertragen auf das Projektgebiet ein möglicher höchster Grundwasserstand von ebenfalls 469,42 m ü. NN ergeben. Dieses Ergebnis stützt die o.g. Angabe des Wasserwirtschaftsamtes Donauwörth.

Wir legen den **Bemessungswasserstand für das Grundwasser auf 469,42 m ü. NN** fest.

Um einen niedrigeren Bemessungswasserstand zu begründen, müssten in diesem Bereich Grundwasserstandsmessungen bei Hochwasserereignissen durchgeführt werden.

Bei Ansatz eines Bemessungswasserstandes von 469,42 m ü. NN ist das Grundwasser im Fall einer 2-geschossigen Unterkellerung nicht für den Neubau relevant. Bei einer 3-geschossigen Unterkellerung muss das Untergeschoss bei Ausführung aus WU-Beton (weiße Wanne) bis zum Bemessungswasserstand gegen drückend wirkendes Wasser abgedichtet und gegen Auftrieb bemessen werden. Bei Ausführung als schwarze Wanne nach DIN 18195-6 ist die Abdichtung bis 0,3 m über den Bemessungswasserstand zu führen.

6.2.2 Stau- und Schichtenwasser

In den z.T. aus gering wasserdurchlässigen Böden zusammengesetzten künstlichen Auffüllungen kann sich bereichsweise Stau- oder Schichtenwasser ausbilden, das in niederschlagsreichen Perioden auch in Oberflächennähe auftreten kann. Die gering wasserdurchlässigen Schichten wurden in der Bohrung KB 2 angetroffen, können wegen der Inhomogenität der Auffüllungen aber auch in anderen Bereichen auftreten.

Um die Untergeschosse zuverlässig gegen Zutritte von Stau- oder Schichtenwasser zu schützen, müssen diese entweder bis zur Geländeoberkante druckwasserdicht abgedichtet oder mit einer Drainage in Verbindung mit einer Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser versehen werden. Diese Drainage hat dabei vor allem die Funktion, einen hydraulischen Druckausgleich innerhalb der Arbeitsraumverfüllung zu ermöglichen, so dass der o.g. Bemessungswasserstand des Grundwassers für die Bemessung der Abdichtung angesetzt werden kann. Andernfalls muss die Geländeoberfläche für die Bemessung der Abdichtung zu Grunde gelegt werden.

Bei einer Drainage besteht das Problem, dass das anfallende Drainagewasser in Ulm nicht in die Kanalisation eingeleitet werden darf. Ein für die Aufnahme des Drainagewassers geeigneter rechnerisch erfassbarer Untergrund steht nur im Nordosten der Baufläche in den Kiesen zur Verfügung. Die angetroffenen künstlichen Auffüllungen dürften für die Aufnahme des Drainagewassers ebenfalls ausreichen, die genaue Wasseraufnahme ist aber wegen möglicher Inhomogenitäten jedoch nicht kalkulierbar.

Um einen unverhältnismäßig hohen Aufwand für die Abdichtung des Gebäudes zu vermeiden empfehlen wir als pragmatische Lösung, die Tiefgeschosse mit einer umlaufenden Drainage gemäß DIN 4095 zu versehen. Innerhalb des Drainagesystems können die in einzelnen Bereichen (z.B. bei KB 2) auftretenden Wassermengen in anderen, stärker wasserdurchlässigen Bereichen wieder versickern. Das Gebäude ist in diesem Fall bis zum o.g. Bemessungswasserstand von 469,42 m ü. NN gegen drückend wirkendes Wasser und darüber gegen nicht drückendes Wasser abzudichten.

In der Praxis geht eine wesentliche Gefahr von zutretendem Oberflächenwasser oder von Fremdwasser in verfüllten Arbeitsräumen aus. Um diese Wassermengen möglichst gering zu halten empfehlen wir, die Arbeitsraumverfüllung in nicht höher belasteten Bereichen im obersten Abschnitt (ca. 0,5 m) mit Ton abzudichten. Die Geländeoberfläche sollte im Bereich der Arbeitsraumverfüllung mit einem leichten Gefälle vom Gebäude weg versehen werden.

6.2.3 Sickerfähigkeit des Untergrundes

Die in den Bohrungen KB 1, KB 3 und KB 4 erbohrten künstlichen Auffüllungen aus schwach schluffigen, locker gelagerten Kiesen sind hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit für eine konzentrierte Versickerung von Niederschlagswasser geeignet. Wir schätzen die Wasserdurchlässigkeit der kiesigen Auffüllungen auf ca. $k_f = 10^{-3}$ bis 10^{-4} m/s.

Die in der Bohrung KB 2 erbohrten künstlich aufgefüllten Tone sind gering wasserdurchlässig und kommen für eine Versickerungsanlage nicht in Frage. Aufgrund möglicher Inhomogenitäten der Auffüllungen sollte bei Planung einer Versickerungsanlage die Bodenzusammensetzung am konkret ausgewählten Standort untersucht werden. Wir empfehlen in diesem Fall auch die Durchführung eines Versickerungsversuches.

Nach den durchgeführten chemischen Bodenanalysen weisen die künstlichen Auffüllungen stark schwankende Belastungen auf. Die in der Mischprobe MP 2 aus dem Bereich der Adlerbastei gemessenen chemischen Belastungen schließen eine konzentrierte Versickerung von Niederschlagswasser aus. Bei Planung einer Versickerungsanlage muss daher für den vorgesehenen Standort auch die Schadstofffreiheit nachgewiesen werden.

6.3 Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen

Die Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen sind in der *Tabelle 5* zusammengefasst.

Parameter in mg/kg	Aufschluss/Probenbezeichnung	
	MP 1	MP 2
Kohlenwasserstoffe C10-C40 [mg/kg]	<50	250
PAK [mg/kg]	3,0	36
Benzo(a)pyren [mg/kg]	0,23	4,2
pH-Wert (Eluat)	10,2	9,69
Elektr. Leitf. [µS/cm]	248	132
Chlorid [mg/l]	37	16
Sulfat [mg/l]	6,7	3,8
Zuordnung VwV	Z1.2	>Z2
Zuordnung DepV	DK0 *)	DK1 *)

*) vorbehaltlich einer möglichen Überschreitung durch TOC/Glühverlust

Tabelle 6: Ergebnisse der chemischen Analysen

Probe MP 1, Neue Straße:

Nach den Ergebnissen der chemischen Bodenanalysen ist die Mischprobe MP 1 aus den künstlichen Auffüllungen an der Neuen Straße der Qualitätsstufe Z1.2 nach VwV Boden Ba.-Wü. zuzuordnen. Maßgebend ist hier die Belastung durch Chloride, die vermutlich auf den wenige Monate zurückliegenden Einsatz von Streusalz zurückzuführen ist. Bei Untersuchungen im Sommer oder Herbst ist hier u.U. mit günstigeren Ergebnissen zu rechnen.

Aufgrund der Marktlage wird Material der Qualitätsstufen > Z0 z.Zt. überwiegend in Bayern entsorgt. In diesem Fall ist das Material auch aufgrund des erhöhten pH-Wertes der Qualitätsstufe Z1.2 zuzuordnen. Von den Entsorgungsanlagen in Bayern werden grundsätzlich Haufwerksbeprobungen verlangt.

Probe MP 2, Adlerbastion:

Die Probe MP 2 aus den künstlichen Auffüllungen an der Adlerbastion weist eine erhöhte Belastung durch PAK auf, die im Zusammenhang mit dem hier angetroffenen Brandschutt stehen kann. Die Mischprobe überschreitet den entsprechenden Zuordnungswert Z2 und ist der Deponieklasse DK 1 zuzuordnen.

Für die endgültige Deklaration des Materials zur Entsorgung sind Haufwerksbeprobungen erforderlich.

7 Geotechnische Bewertung

7.1 Bodengruppen, Bodenklassen und erdstatische Rechenwerte

Nach den Erkundungsergebnissen und den spezifischen Angaben aus der Literatur (siehe in [5], [6], und [7] können für die im Untergrund anstehenden Böden die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Bodenklassen, Bodengruppen und erdstatischen Rechenwerte angesetzt werden.

Boden-/Felsart	Boden-/Felsklasse	Frostempfindlichkeit	Verdichtbarkeit	γ/γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]	k-Wert [m/s]
Künstliche Auffüllung, rollig Bodengruppen: [GW], [GU], [GU*] locker gelagert in KB 1, KB 3 und KB 4	3	F1 bis F3	V1 bis V2	18/10	30	0	20	10 ⁻³ bis 10 ⁻⁴
Künstliche Auffüllung, bindig Bodengruppe: [TM], z.T. [TL], [UM], [UL] in KB 2	4	F3	V3	18,5/8,5	22,5	7	stark wechselnd	<10 ⁻⁶
Auelehm, Ton, weich Bodengruppen: OT	4	F3	nicht verdichtbar	15/5	15	0	1-2	<10 ⁻⁶
Kies, mitteldicht Bodengruppen: GW	3	F2	V1	19/11,5	32,5	--	60	ca. 10 ⁻³
Oberjura, Kalkstein, hart	6-7	F1	V1	25/15	32,5	>100	> 200 (vertikal)	<1x10 ⁻⁴

Boden-/Felsklassen nach DIN 18300 ; Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE StB 09; Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB 89; γ Wichte; γ' : Wichte unter Auftrieb; φ' : Reibungswinkel drainierter Boden; c' : Kohäsion drainierter Boden; $E_{s,k}$: Steifemodul; k-Wert: Durchlässigkeitsbeiwert

Tabelle 7 Bodengruppen, Boden- und Felsklassen und erdstatische Rechenwerte

In dem Ergänzungsband 2015 der geltenden VOB wurde u.a. die Norm DIN 18300 Erdarbeiten, geändert. Die Anwendung der neuen Regelungen hat sich in der Praxis noch nicht durchgesetzt. Wir legen daher für die Bodenbeschreibung in der derzeitigen Planungsphase die Vorgaben der VOB 2012 zu Grunde.

7.2 Erdbebengefährdung

Nach der Gefährdungszonenkarte in DIN 4149:2005-04 liegt der Untersuchungsbereich in der Erdbebenzone 0, so dass keine Erdbebenvorkehrungen gefordert werden.

7.3 Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials

Der auf dem Gelände vorhandene Mutterboden muss gesondert ausgehoben und einer Wiederverwertung als Mutterboden zugeführt werden.

Bei Aushubarbeiten werden voraussichtlich ausschließlich künstliche Auffüllungen und Bauteilreste anfallen. Das Gelände ist nicht als hydrogeologisch günstig einzustufen, da eine gering wasserdurchlässige Abdeckung des Grundwasserleiters fehlt. Es darf daher nur Material bis zur Qualitätsstufe Z1.1 eingebaut werden. Ein Wiedereinbau des ausgehobenen Materials vor Ort ist somit nach den bisher vorliegenden Analyseergebnissen, die Qualitätsstufen von Z1.2 und Z2 ergaben, voraussichtlich nicht möglich. Bei einer Haufwerksbeprobung kann sich u.U. eine günstigere Einstufung ergeben.

Wegen des wechselnden Feinkornanteils ist eine hochwertige Verdichtung schwierig, so dass das Material aus technischen Gründen nur unter gering belasteten Flächen, z.B. in Gartenbereichen, wiedereingebaut werden sollte.

Sofern eine Wiederverwendung von Aushubmaterial in Betracht gezogen wird, muss daher die chemische Eignung anhand von Haufwerksuntersuchungen überprüft und die technische Eignung des konkret vorgesehenen Materials vor Ort durch das GeoBüro Ulm beurteilt werden.

8 Gründungsempfehlungen

8.1 Lage der Gründungssohlen

Die Tiefgeschosse werden selbst bei einem mehrgeschossigen Ausbau in den künstlichen Auffüllungen liegen. Die künstlichen Auffüllungen sowie die lokal darunter auftretenden Auelehme sind gering tragfähig und für die Aufnahme der Gebäudelasten nicht geeignet.

Als Gründungsschicht für eine Flachgründung kommen die Kalksteine sowie die im Südosten auftretenden Kiese in Frage. Eine Tiefgründung sollte in die Kalksteine eingebunden werden.

In Abhängigkeit von der Tiefe der geplanten Untergeschosse kommen folgende Gründungsvarianten in Frage:

- Flachgründung mit Fundamenten, Betonplomben oder Brunnen auf dem Kalkstein oder auf dem Kies. Diese Variante kommt vor allem bei einem 2- bis 3-geschossigen Ausbau der Tiefgeschosse in Frage und wurde vermutlich bei den zu ersetzenden Gebäuden eingesetzt (siehe *Kapitel 3*).
- Tiefgründung mit Bohrpfählen im Kalkstein. Die Tiefgründung kommt vor allem bei einem Ausbau mit 1 bis 2 Tiefgeschossen in Frage und liegt vermutlich bei dem im Osten anschließenden Gebäude, das bestehen bleiben soll, vor (siehe Angaben in [2]).

8.2 Flachgründung im Kalkstein oder im Kies

Die Fundamente können je nach Tiefe der Untergeschosse entweder direkt auf den Kalkstein oder Kies abgesetzt oder mit Magerbetonplomben entsprechend vertieft werden. Die Gründungssohle der Plomben wird bei Grundwasserverhältnissen wie z.Zt. der Untersuchungen überwiegend im Trockenen liegen.

Im Südwesten der Fläche (Bohrung KB 3) liegt die Felsoberkante unter den Auelehmen geringfügig unterhalb des Grundwasserspiegels. In diesem Bereich muss die Gründung als Brunnengründung im Schutz von Brunnenringen eingebracht werden. Der Beton muss hier als Unterwasserbeton im Kontraktorverfahren eingebracht werden. Bei höheren Grundwasserständen kann dieses Verfahren auch in weiteren Bereichen erforderlich sein.

Mit einer Gründung über Betonplomben bzw. Pfeiler auf dem Oberjura können hohe Bemessungswerte des Sohlwiderstandes erreicht und nennenswerte Setzungen ausgeschlossen werden. Hinsichtlich der Gesteinsfestigkeit ist von harten Kalksteinen auszugehen.

In der DIN 1054:2010-12 werden für Gründungen im Fels Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für quadratische Einzelfundamente angegeben. Die Kalksteine sind der Felsgruppe 5 (hart) dieser DIN-Norm zuzuordnen. Wir setzen für den bei einer Flachgründung maßgebenden obersten Felsbereich einen mittleren Kluftabstand von ca. 0,1 m an.

Aus Bild A 6.3 in der DIN 1054:2010-12 ist für quadratische Fundamente auf dem Kalkstein ein sehr hoher **Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 6.000 \text{ kN/m}^2$** anzusetzen.

Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstandes gilt unter der Voraussetzung, dass im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit Setzungen in der Größenordnung von 0,5 % der kleineren Fundamentbreite zugelassen werden können.

Im Südosten im Bereich der Kernbohrung KB 4 kann die Gründung auf den Kiesen erfolgen. Für eine Gründung im Kalkstein müsste hier die Brunnengründung noch um ca. 3 m tiefer geführt werden. Wir halten diese Mischgründung im vorliegenden Fall für vertretbar, da auch die Setzungen in den Kiesen vernachlässigbar sind und überwiegend als Sofortsetzungen während der Bauzeit auftreten.

Bei einer Gründung im Kies hängt der Bemessungswert des Sohlwiderstandes u.a. von der Einbindetiefe ab. Bei großen Einbindetiefen von Brunnengründungen ergeben sich aus Grundbruchberechnungen z.T. rechnerisch sehr hohe Werte, bei denen bereits mit Kornzertrümmerung zu rechnen ist. Wir haben daher die Bemessungswerte gemäß DIN 1054 auf maximal $\sigma_{R,d} = 980 \text{ MN/m}^2$ begrenzt.

Da die Tiefe der Untergeschosse noch nicht bekannt ist, haben wir in der *Tabelle 8* exemplarisch Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für potentiell in Frage kommende Einbindetiefen zusammengestellt.

Fundament- einbindetiefe	Einzelfundamente - Fundamentbreiten b [m]					Anlage
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
1,0	575 (0,3)	620 (0,6)	665 (0,8)	980 (1,5)	980 (1,6)	7-1
2,0	975 (0,5)	980 (0,7)	980 (1,2)	980 (1,4)	980 (1,6)	7-2

Tabelle 8: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für lotrecht und mittig belastete Einzelfundamente [Angaben in kN/m^2 , in Klammern mögliche Setzungen in cm]

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Außermittigkeiten sowie Horizontallasten sind sinngemäß nach DIN 1054 zu berücksichtigen.

Eine Eingrenzung des ggf. auf Kiesen zu gründenden Bereiches ist anhand der vorhandenen Aufschlüsse nur sehr grob möglich. Beim jetzigen Kenntnisstand müssten für die gesamte Gründung auf der sicheren Seite liegend die Bemessungswerte für Kies angesetzt werden. Eine genauere Eingrenzung ist nach dem Abriss der Bestandsgebäude mit Rammkernsondierungen möglich.

8.3 Tiefgründung auf Bohrpfählen

Als Widerlager für eine Pfahlgründung kommen aufgrund der geringen Mächtigkeit der Kiese nur die Kalksteine des Oberjura in Frage.

Der oberste Bereich des Festgesteins von ca. 0,7-1,5 m unter Felsoberkante ist nach den Ergebnissen Kernbohrungen sehr stark geklüftet und der Verwitterungszone zuzuordnen.

Wir empfehlen, die Pfähle in den überwiegend mäßig geklüfteten Kalksteinen zu gründen, die 1,5 m unter der Festgesteinsoberkante angetroffen wurden. Bei einer Gründung in diesen Schichten sind keine nennenswerten Pfahlsetzungen zu erwarten. In den Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle [8] werden Erfahrungswerte für Spitzendruck und Mantelreibung für Bohrpfähle im Fels angegeben, wobei die Erfahrungswerte für eine einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ von max. 20 MN/m² definiert sind. Diese Druckfestigkeit wird bei den Kalksteinen überschritten, so dass die in [8] angegebenen höchsten Werte für Spitzendruck und Mantelreibung angesetzt werden können.

Für Bohrpfähle ist nach DIN 1054:2010-12 sowie nach EA-Pfähle [8] eine Mindesteinbindetiefe von 0,5 m in Fels mit einer einaxialen Druckfestigkeit $q_{u,k} > 5 \text{ MN/m}^2$ einzuhalten. Die Pfähle müssen somit bei Ansatz einer ca. 1,5 m starken Auflockerungszone insgesamt mindestens 2 m unter die Felsoberkante einbinden.

Für die im Projektgebiet auftretenden Schichten sind nach EA-Pfähle [8] für normgerecht nach DIN EN 1536 hergestellte Bohrpfähle die nachfolgend aufgeführten Erfahrungswerte anzusetzen. Da die für die Tragfähigkeit der Pfähle im Gebirge maßgebenden Parameter schwer zu bestimmen sind, liegen diese Erfahrungswerte weit auf der sicheren Seite. Durch Probelastungen können daher im allgemeinen deutlich günstigere Bruchwerte nachgewiesen werden.

Bodenschicht	Bruchwert	
	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen	--	0
Kies, mitteldicht	--	0,13
Kalkstein, hart	10	0,50

Tabelle 9 Bruchwerte für Mantelreibung und Spitzenwiderstand

Bei den Auffüllungen wurde wegen der lockeren Lagerungsdichte keine Mantelreibung angesetzt.

Es ist zu prüfen, ob die zu erwartenden Pfahlsetzungen den Ansatz der Mantelreibung von überlagernden Bodenschichten rechtfertigen. Im Zweifelsfall darf die Mantelreibung nicht angesetzt werden.

Für die Bemessung der Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse kann gemäß DIN 1054 zur Ermittlung der Biegemomente der Bettungsmodul k_{sk} nach folgender Formel abgeschätzt werden:

$$k_{sk} = E_{sk}/D_b$$

Hierin bedeuten:

k_{sk}	charakteristischer Wert des Bettungsmoduls
E_{sk}	charakteristischer Wert des Steifemoduls
D_b	Pfahlschaftdurchmesser $D_b \leq 1,0$ m; bei $D_b > 1,0$ m darf mit $D_b = 1,0$ m gerechnet werden.

Der Anwendungsbereich dieser vereinfachten Annahme ist auf eine rechnerische Horizontalverschiebung von 2 cm oder $0,03 D_b$ begrenzt.

Nach [5] liegt das Verhältnis E_v/E_s erfahrungsgemäß bei etwa 0,75 bis 0,85.

Es ist mit Bohrhindernissen durch tief liegende Bauteile zu rechnen.

Nach den Untersuchungsergebnissen liegt der Grundwasserschwankungsbereich überwiegend in den Kalksteinen oder Kiesen, so dass mit keinen nennenswerten Setzungen oder Hebungen des Untergrundes durch die Grundwasserstandsänderungen zu erwarten sind. Eine negative Mantelreibung ist daher nicht anzusetzen.

Karsthohlräume wurden bei den Untersuchungen nicht angetroffen. Die im Untergrund erbohrten Kalksteine sind aber grundsätzlich verkarstungsfähig und auch im weiteren Umfeld der geplanten Baufläche wurden bereits Karsthohlräume festgestellt. Nach unseren Erfahrungen sind in Ulm vor allem mit tonigem Material verfüllte Karsthohlräume verbreitet, die unter der Kiesoberkante einsetzen und bis max. 455 m ü. NN nachgewiesen wurden. Diese sind bei den Pfahlbohrungen deutlich erkennbar.

Wir halten daher bei genauer Einweisung der Bohrmannschaft und stichprobenartiger Überprüfung der Pfahlbohrungen weitere Maßnahmen zur Absicherung gegen Karsthohlräume für verzichtbar. Es sollten jedoch mögliche Mehrkosten für die nachträgliche Verlängerung einzelner Pfähle auf der Baustelle einkalkuliert werden.

Als weitere Möglichkeiten zur Vorbeugung gegen mögliche Karsthohlräume unter den Pfahlspitzen kommen in Frage:

- Vorbohrungen unter jeder einzelnen Pfahlbohrung
- Bemessung der Pfähle so, dass die Pfahlkraft vollständig über die Mantelreibung abgetragen werden kann.

Insbesondere die Vorbohrungen werden aber in der Praxis wegen der auftretenden Bauverzögerungen nicht angewandt.

8.4 Gründung der Bodenplatte

Sofern Setzungsunterschiede zwischen dem Fußboden und den umgebenden Wänden ausgeschlossen werden sollen, muss die Bodenplatte freitragend auf den Gründungselementen (Pfählen oder Pfeiler/Brunnen) konstruiert werden.

Sofern der Kellerfußboden auf den vorhandenen Untergrund aufgelegt werden soll, muss eine in Anlehnung an den Straßenbau dimensionierte Tragschicht eingebaut werden. Die Stärke dieser Tragschicht hängt von der Nutzungsart (Keller oder Tiefgarage) ab. Über die genaue Vorgehensweise kann in diesem Fall erst nach vollständiger Freilegung und Prüfung der in der Aushubsohle auftretenden Auffüllungen entschieden werden.

9 Baugrube

Bei ausreichenden seitlichen Platzverhältnissen können die Baugrubenböschungen mit einem Winkel von 45° hergestellt werden. Dies kann aber allenfalls bei einer 1-geschossigen Unterkellerung im tiefer liegenden Westteil des Geländes der Fall sein. Die Baugrubenböschungen sind unmittelbar nach der Herstellung gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

In den überwiegenden Baugrubenbereichen reicht der Platz für die Ausbildung freier Böschungen nicht aus. Die Baugrubenwände müssen überwiegend oder vollständig durch einen Verbau gesichert werden.

Bei den locker gelagerten künstlichen Auffüllungen können Erschütterungen zu einer Verdichtung und Volumenverringerng führen. Es ist daher bei Gebäuden, die in diesen Geschichten gegründet sind, mit Setzungen infolge von Erschütterungen zu rechnen. Auch die auf diesem Untergrund liegenden Straßen und die darin verlegten Leitungen können sich bei Erschütterungen setzen.

Für den Baugrubenverbau sind daher erschütterungsarme Verfahren zu bevorzugen. Hinsichtlich der Erschütterungen kommen vor allem Trägerbohlwände oder Bohrpfahlwände in Frage. Die modernen Techniken zum Einvibrieren von Spundwänden halten in der Regel ebenfalls die nach DIN 4150-3 zulässigen Erschütterungen ein. Dieses Verfahren sollte aber ggf. anhand von Erschütterungsmessungen überwacht werden.

Entlang der Neuen Straße muss der Verbau zum Schutz der Straße und der darunter verlaufenden Leitungen verformungsarm sein. Für einen verformungsarmen Verbau kommen bei entsprechender Verankerung neben Bohrpfahlwand und Spundwand auch eine Trägerbohlwand mit Ausfachung aus Spritzbeton in Frage.

Eine Beweissicherung umgebender Gebäude ist vor allen erschütterungsrelevanten Arbeiten zu empfehlen.

Die Baugrubensicherung muss rückverankert werden. Die künstlichen Auffüllungen sind für eine Verankerung mit Verpressankern relativ schlecht geeignet. Auch die darunter im Südosten folgenden Kiese bieten nur ein mäßiges Widerlager. Erst die Kalksteine stellen ein hoch belastbares Widerlager für eine Verankerung aus, liegen aber relativ tief. Es wird daher zumindest in der obersten Ankerreihe eine Rückverankerung in den künstlichen Auffüllungen erfolgen müssen.

Für eine **Vorbemessung der Rückverankerung** können folgende Ankerkräfte angesetzt werden:

Künstliche Auffüllungen rollig aus Kies, locker gelagert, Verpresskörperdurchmesser 100 bis 150 mm:

In [10] liegen Grenzlasten für Kiese ab einer mitteldichten Lagerung vor. Die Grenzlasten von Ankern in locker gelagerten Kiesen sind hier nicht definiert und können aus dem entsprechenden Diagramm nur grob auf ca. 600 kN bei einer Verpresskörperlänge von 8 m geschätzt werden.

Für die Ableitung der Gebrauchskraft F_w ist dieser Wert nach [10] um den Faktor 0,5 abzumindern. Es ergibt sich somit eine geschätzte Gebrauchskraft von $F_w = 300$ kN.

Künstliche Auffüllungen bindig aus Ton, weich bis steif, Verpresskörperdurchmesser 100 bis 150 mm, ohne Nachverpressung:

In [10] liegen Grenzlasten für Tone ab einer steifen Konsistenz vor. Die Grenzlasten von Ankern in Tonen mit weicher bis steifer Konsistenz sind hier nicht definiert und können aus dem entsprechenden Diagramm nur grob auf ca. 750 kN bei einer Verpresskörperlänge von 8 m geschätzt werden.

Für die Ableitung der Gebrauchskraft F_w ist dieser Wert nach [10] um den Faktor 0,5 abzumindern. Es ergibt sich somit eine geschätzte Gebrauchskraft von $F_w = 375$ kN

Sofern die aus Kies und die aus Ton zusammengesetzten künstlichen Auffüllungen nicht durch weitere Untersuchungen näher eingegrenzt werden, sollte bei den in den Auffüllungen versetzten Ankern auf der sicheren Seite liegend die Gebrauchskraft für die Kiese von $F_w = 300$ kN angesetzt werden.

Kalkstein

In [10] werden in Abhängigkeit vom Verwitterungszustand, dem Grad der mineralischen Bindung und dem Trennflächenabstand mittlere Mantelreibungswerte $\text{cal } \tau_M$ für die Abschätzung der Gebrauchslast von Felsankern angegeben. Wir legen aufgrund der Untersuchungsergebnisse für diese Abschätzung folgende Gebirgseigenschaften zu Grunde:

Gesteinsart:	Kalkstein
Verwitterungszustand:	unverwittert
Mineralische Bindung:	sehr gut
Trennflächenabstände:	im dm-Bereich

Wir legen die Mantelreibung für den Entwurf auf **$\text{cal } \tau_M = 0,7 \text{ MN/m}^2$** fest. Die angegebene Mantelreibung gilt für Krafteintragungslängen von $l_0 = 3,0$ bis $6,0$ m. Sie ist bei $l_0 = 8,0$ m um 15 % und bei $l_0 = 10,0$ m um 30 % zu vermindern. Mögliche Veränderungen des Gebirges durch den

Bohrvorgang sind in den harten Kalksteinen nicht zu erwarten. Wir empfehlen möglichst große Krafteintragungslängen, um mögliche Verkarstungserscheinungen zu überbrücken.

Allgemein:

Der tatsächliche charakteristische Herauszieh Widerstand der Daueranker ist nach DIN 1054 auf der Grundlage einer Eignungsprüfung an mindestens drei Ankern zu ermitteln, die unter gleichartigen Ausführungsbedingungen wie die Bauwerksanker hergestellt wurden. Diese Eignungsprüfungen sind in den künstlichen Auffüllungen aufgrund der möglichen Inhomogenitäten besonders zu empfehlen.

Bei der Herstellung der Ankerbohrungen ist in den Auffüllungen sowie in den Kiesen mit dem Antreffen von Steinhindernissen zu rechnen.

Der bei der Herstellung der Anker auftretende Betonverbrauch ermöglicht Rückschlüsse auf das Auftreten von Karsthohlräumen. Der Betonverbrauch sollte daher bei den im Kalkstein versetzten Ankern genau aufgezeichnet und nach Abschluss der Arbeiten durch den Baugrundgutachter ausgewertet werden.

In niederschlagsreichen Perioden sind lokale Zutritte von Stau- oder Schichtenwasser in die Baugrube möglich, so dass bereichsweise eine Bauwasserhaltung erforderlich sein kann.

Die Baugrube grenzt nach unserer Kenntnis an keine Gebäude, die durch die geplante Baumaßnahme beeinflusst werden können. Die im Süden liegende Stadtmauer sowie die Tunneldurchfahrt in den Rosengarten im Südwesten sind jedoch bei der Baumaßnahme zu berücksichtigen.

Das im Osten angrenzende Gebäude des Dreifaltigkeitshofes, das bestehen bleiben soll, wurde nach den Angaben in [2] auf Pfählen gegründet. Die Gründung des Neubaus ist somit von der bestehen bleibenden Nachbarbebauung unabhängig.

Sofern der Fußboden bzw. die Tiefgaragenfahrbahn des Nachbargebäudes auf dem Untergrund aufliegt, müssen Maßnahmen zur Absicherung durch die Baugrubensicherung getroffen werden.

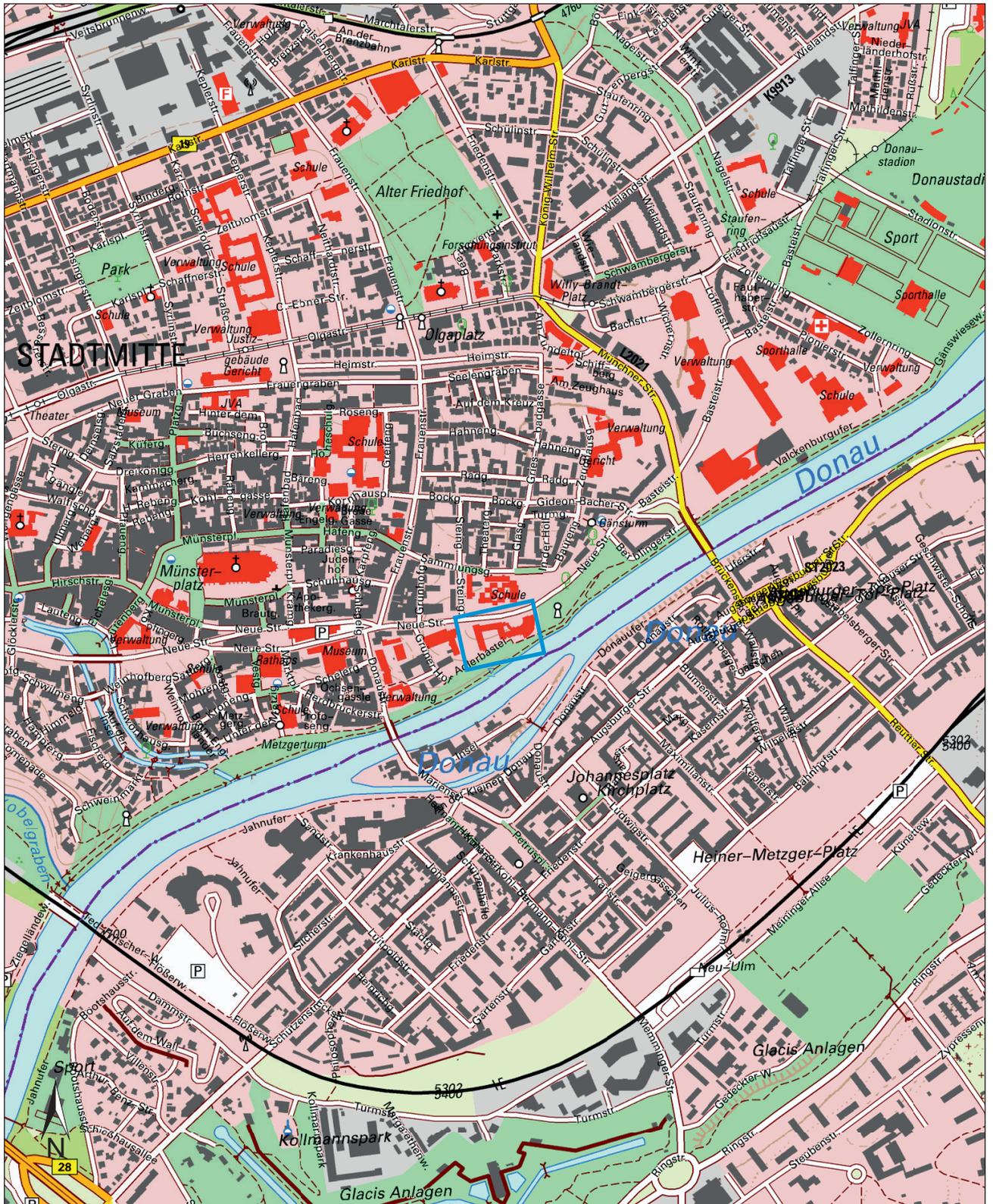
Ulm, den 07.04.2017



Dipl. Geol. Th. Sieben

10 Quellenverzeichnis

- [1] Lageplan mit Höhenlinien, Maßstab 1 : 1.000, Stadt Ulm SUB III, 19.02.2016
- [2] Geotechnisches Gutachten zur Erweiterung des Alten- und Pflegeheims „Dreifaltigkeitshof“ in Ulm, Henke und Partner GmbH, 23.01.1991
- [3] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Maßstab 1 : 25.000, Stadtkreis Ulm, vorläufige Ausgabe August 1997
- [4] Bräuning, A., Schreg, R. und Schmidt, U.: Archäologisches Stadtkataster Baden-Württemberg, Band 35.1, Text, Stuttgart 2008
- [5] Prinz, H. und Strauß, R.: Abriss der Ingenieurgeologie, Spektrum Akademischer Verlag, München 2006
- [6] Simmer, K.: Grundbau 1, Bodenmechanik, Erdstatische Berechnungen, Teubner Verlag, Stuttgart 1987
- [7] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB, 5. Auflage 2012
- [8] Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ EA-Pfähle, 2. Auflage 2012
- [9] Suggested methods for the quantitative description of diskontinuities in rock masses.- International Society für Rock Mechanics, Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, Document No. 4, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 14., 319-368
- [10] Ostermayer, H.: Verpressanker in: Grundbau Taschenbuch, vierte Auflage, Teil 2, Ernst und Sohn, Berlin 1991
- [11] Bohrarchiv GeoBüro Ulm



Untersuchungsbereich

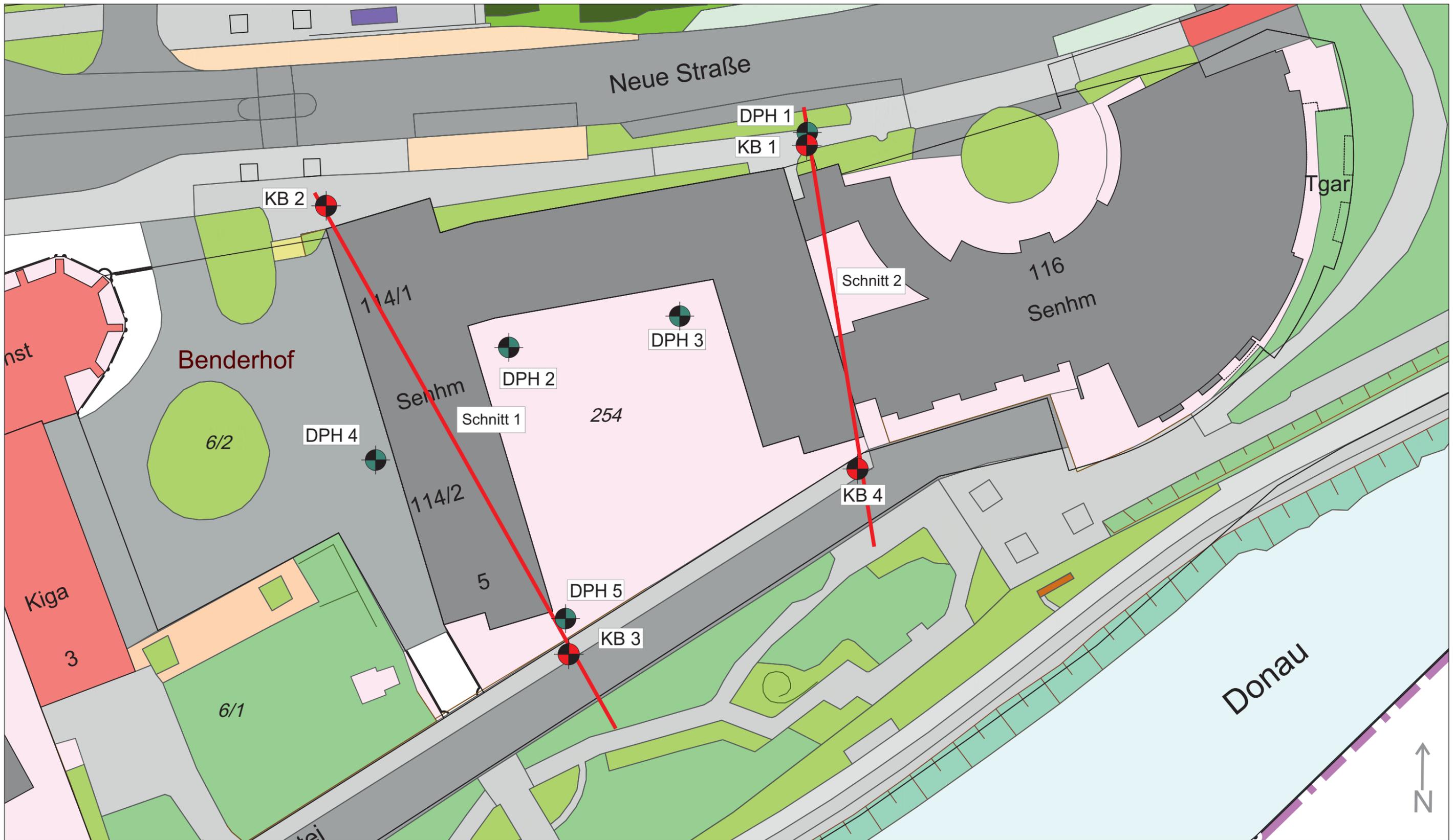
Pflegeheim Dreifaltigkeitshof Ulm Baugrunduntersuchung

März 2017 - Übersichtskarte

M 1 : 10.000

Anlage 1

GeoBüro Ulm



-  KB 1 Rammkernbohrung
-  DPH 1 schwere Rammsondierung

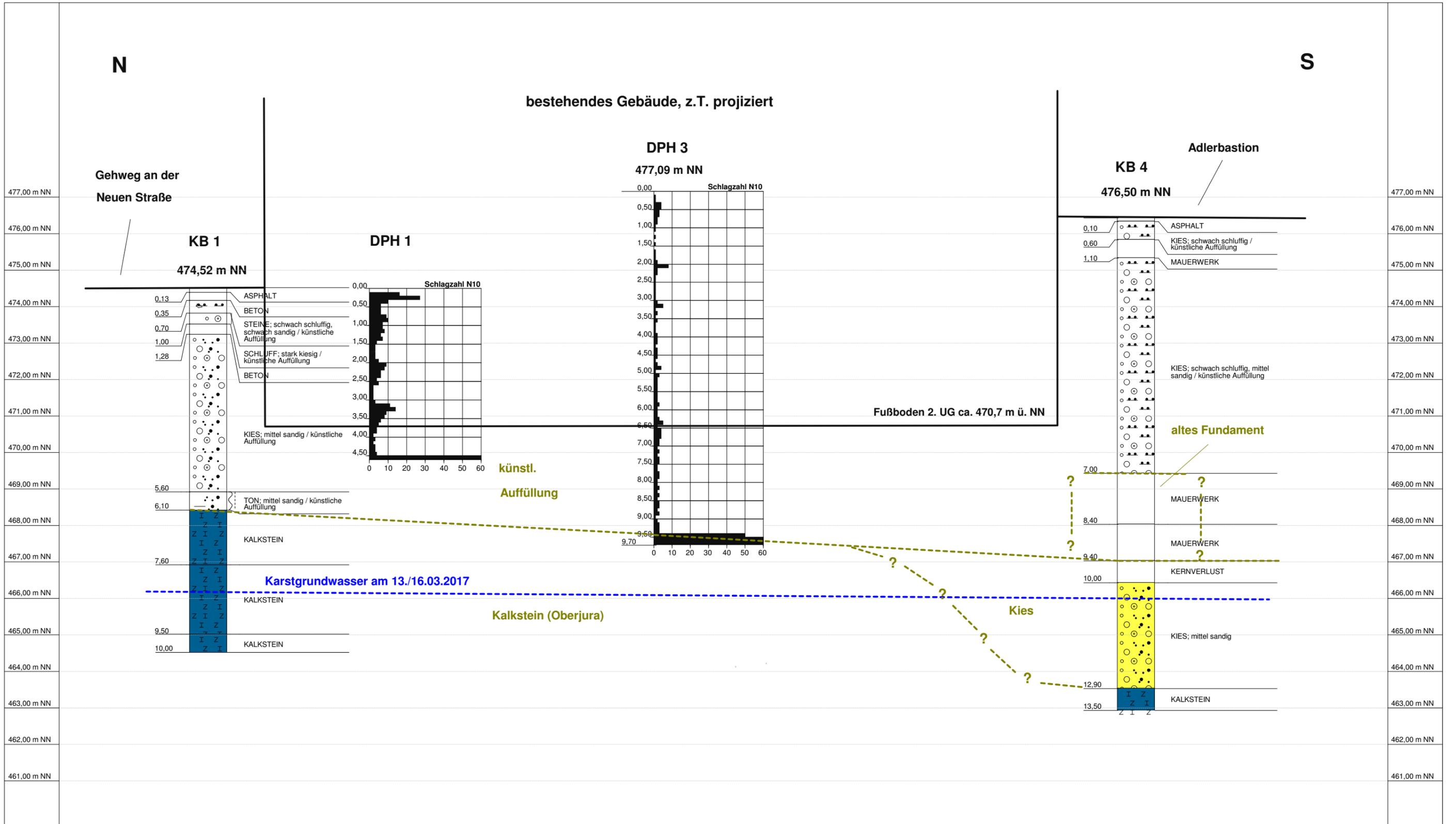
Maßstab 1 : 500

GeoBüro Ulm

Pflegeheim Dreifaltigkeitshof Ulm - Baugrunduntersuchung

März 2017 - Detailplan

Anlage 2



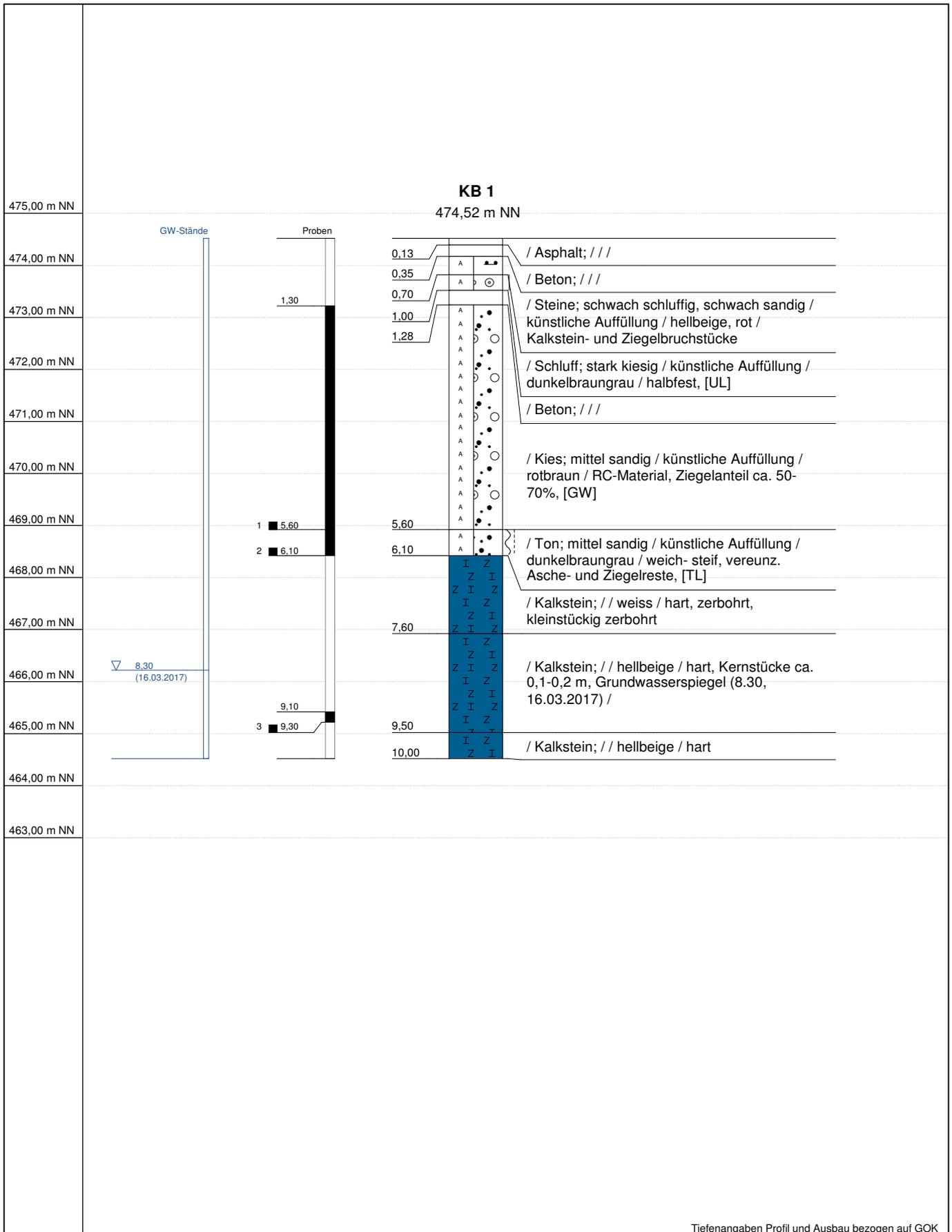
Pflegeheim Dreifaltigkeitshof Ulm Baugrunduntersuchung
Längenmaßstab 1 : 200, Höhenmaßstab 1 : 100

Anlage 3-2, Schnitt 2

GeoBüro Ulm

Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm

Tel. 0731 / 96 00 770
Fax. 0731 / 96 00 774



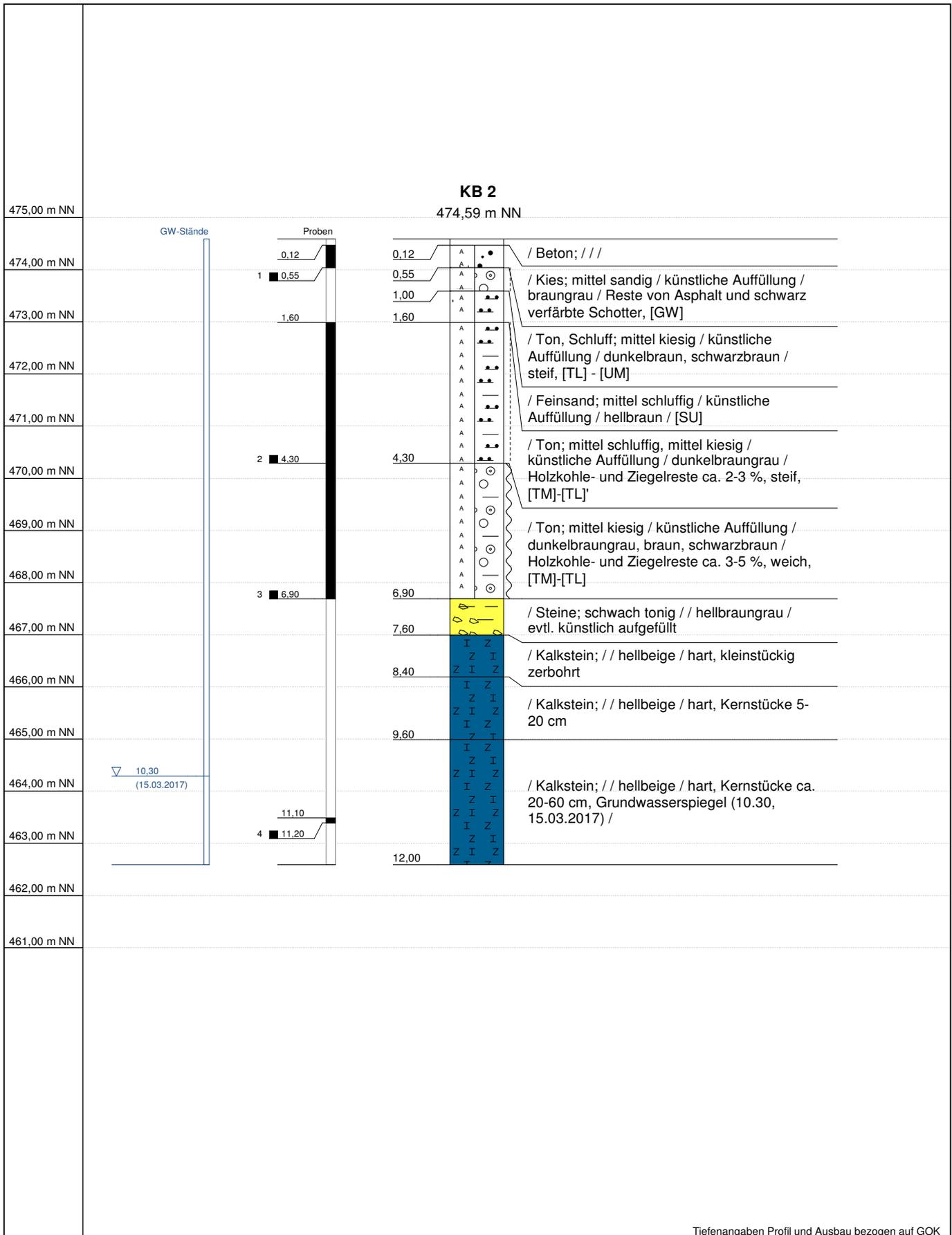
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	KB 1	RW: 3574029
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362686
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 474,52
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 16.03.2017
Anlage Nr.	4	Maßstab : 1:100

GeoBüro Ulm

Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm

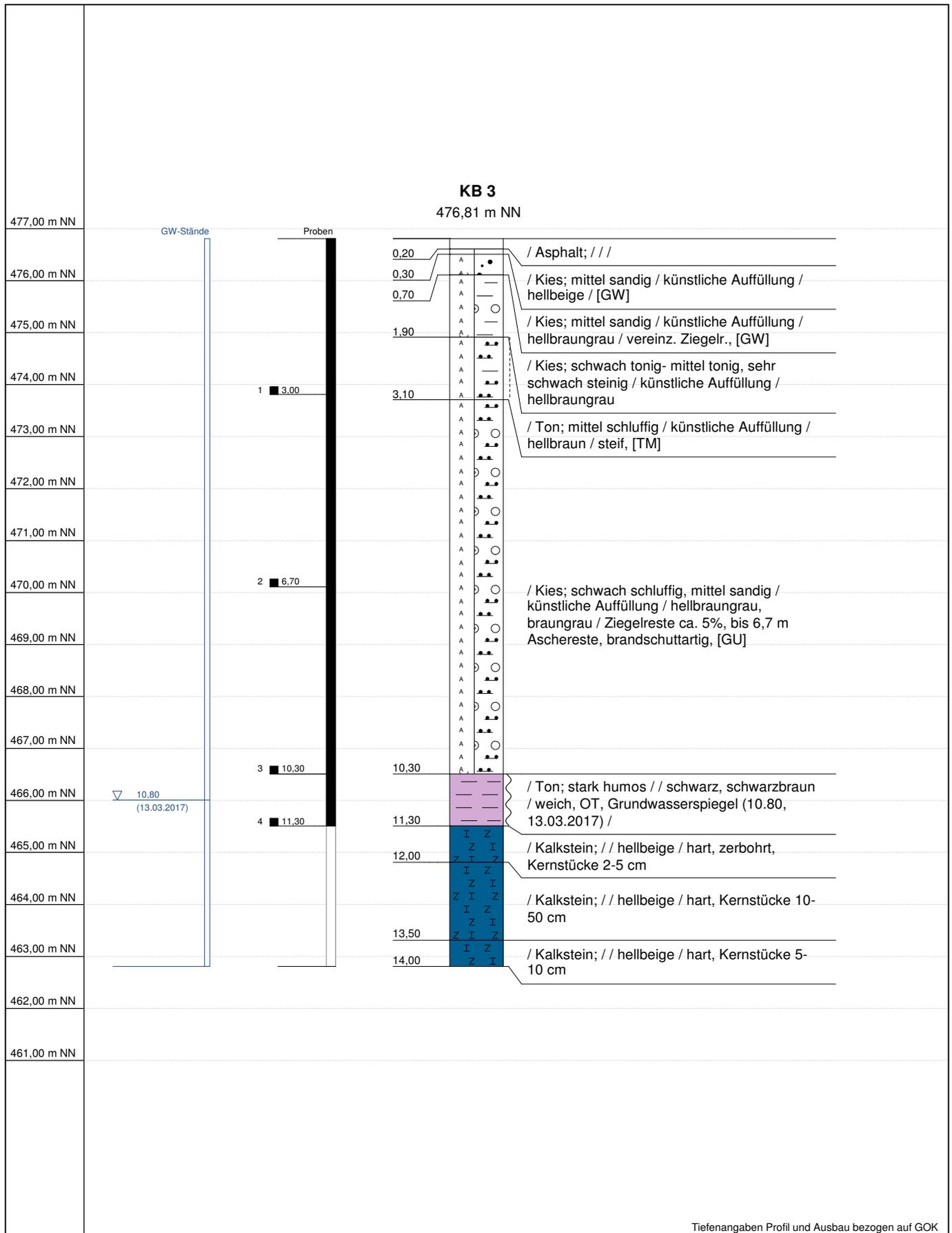
Tel. 0731 / 96 00 770
Fax. 0731 / 96 00 774



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

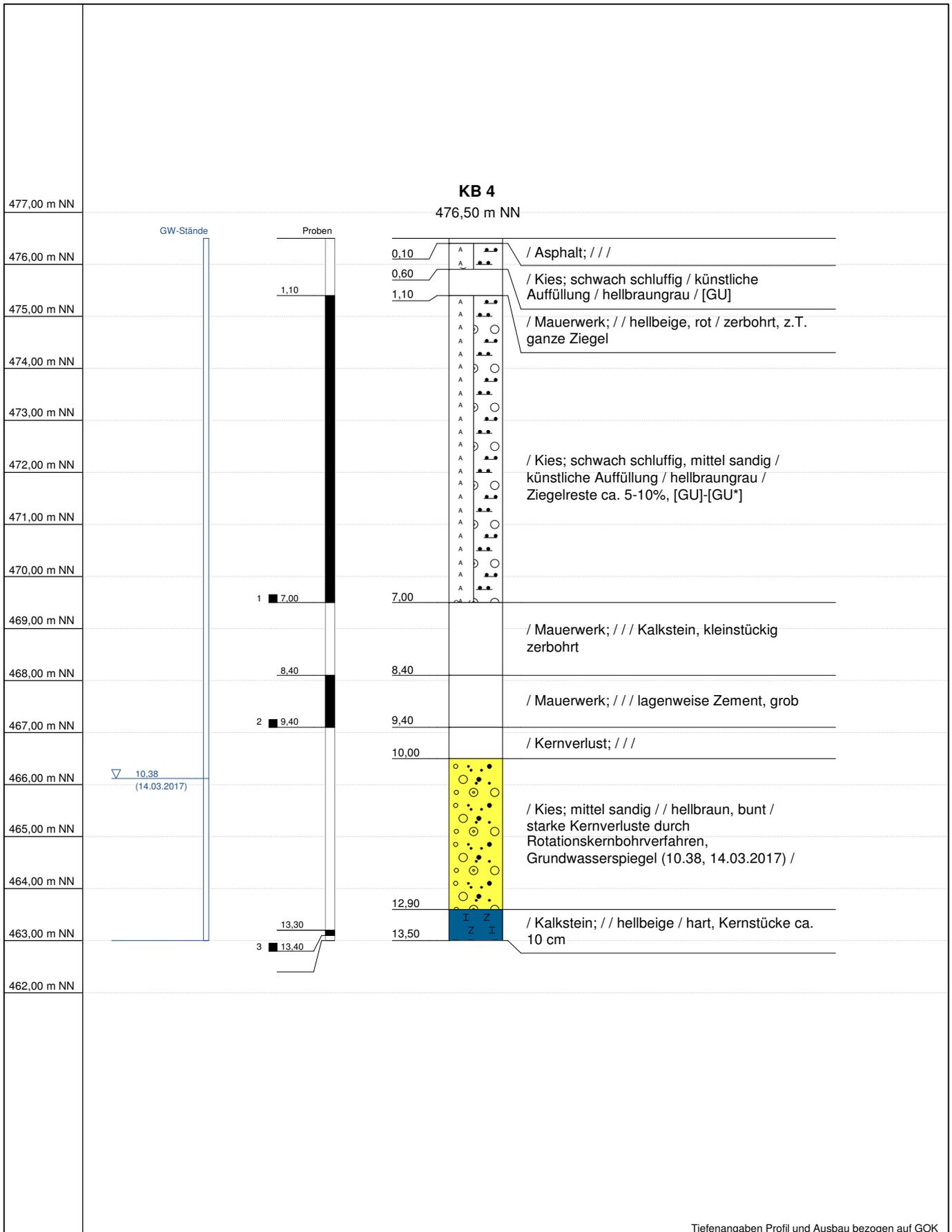
Name d. Bhrg.	KB 2	RW: 3573976
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362675
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 474,59
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 15.03.2017
Anlage Nr.	4	Maßstab : 1:100

GeoBüro Ulm
Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm
Tel. 0731 / 96 00 770
Fax. 0731 / 96 00 774



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	KB 3	RW: 3574003	<p style="text-align: center;"><u>GeoBüro Ulm</u></p> <p style="text-align: center;">Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm</p> <p style="text-align: center;">Tel. 0731 / 96 00 770 Fax. 0731 / 96 00 774</p>
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362628	
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 476,81	
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 13.03.2017	
Anlage Nr.	4	Maßstab : 1:100	



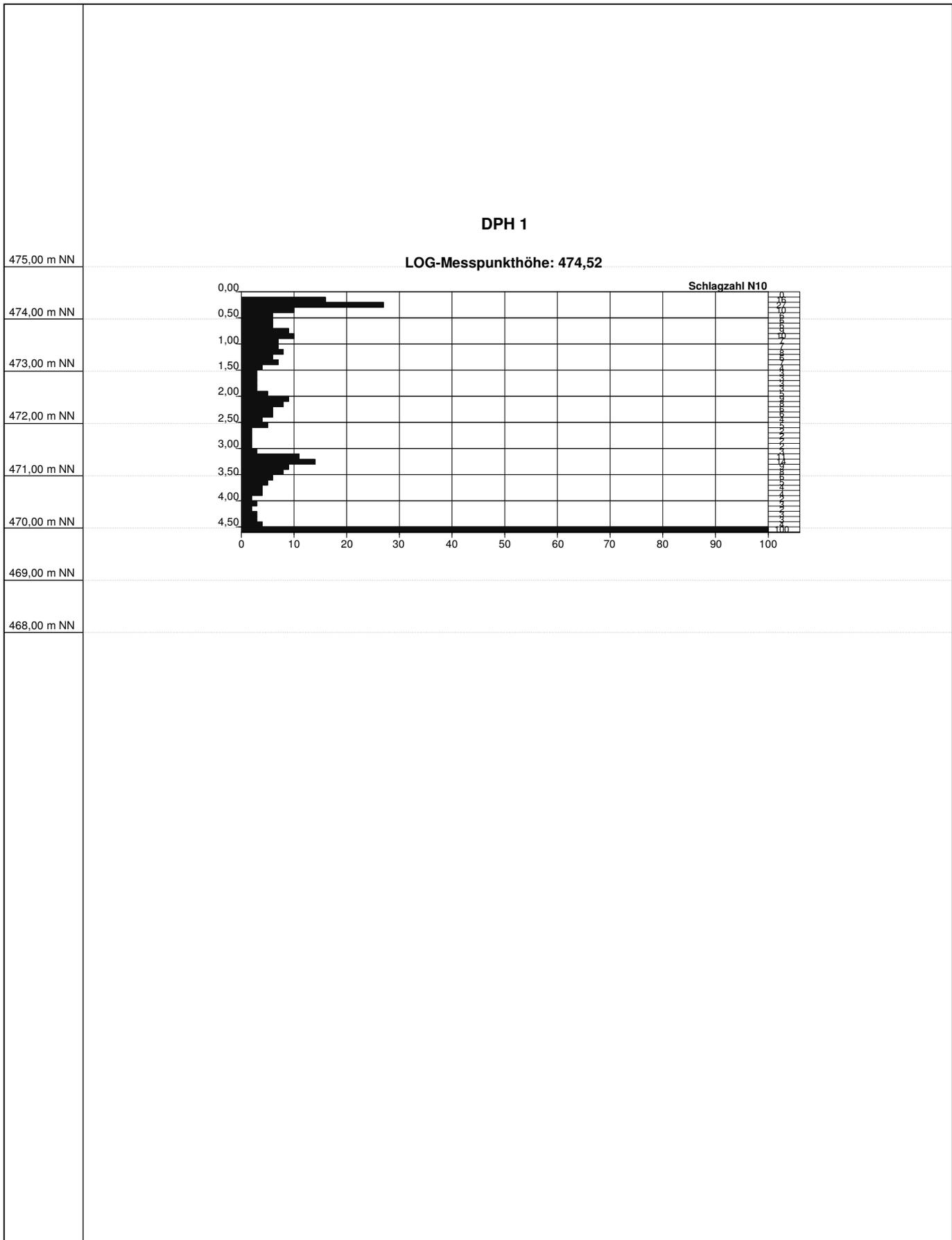
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	KB 4	RW: 3574035
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362649
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 476,5
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 14.03.2017
Anlage Nr.	4	Maßstab : 1:100

GeoBüro Ulm

Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm

Tel. 0731 / 96 00 770
Fax. 0731 / 96 00 774

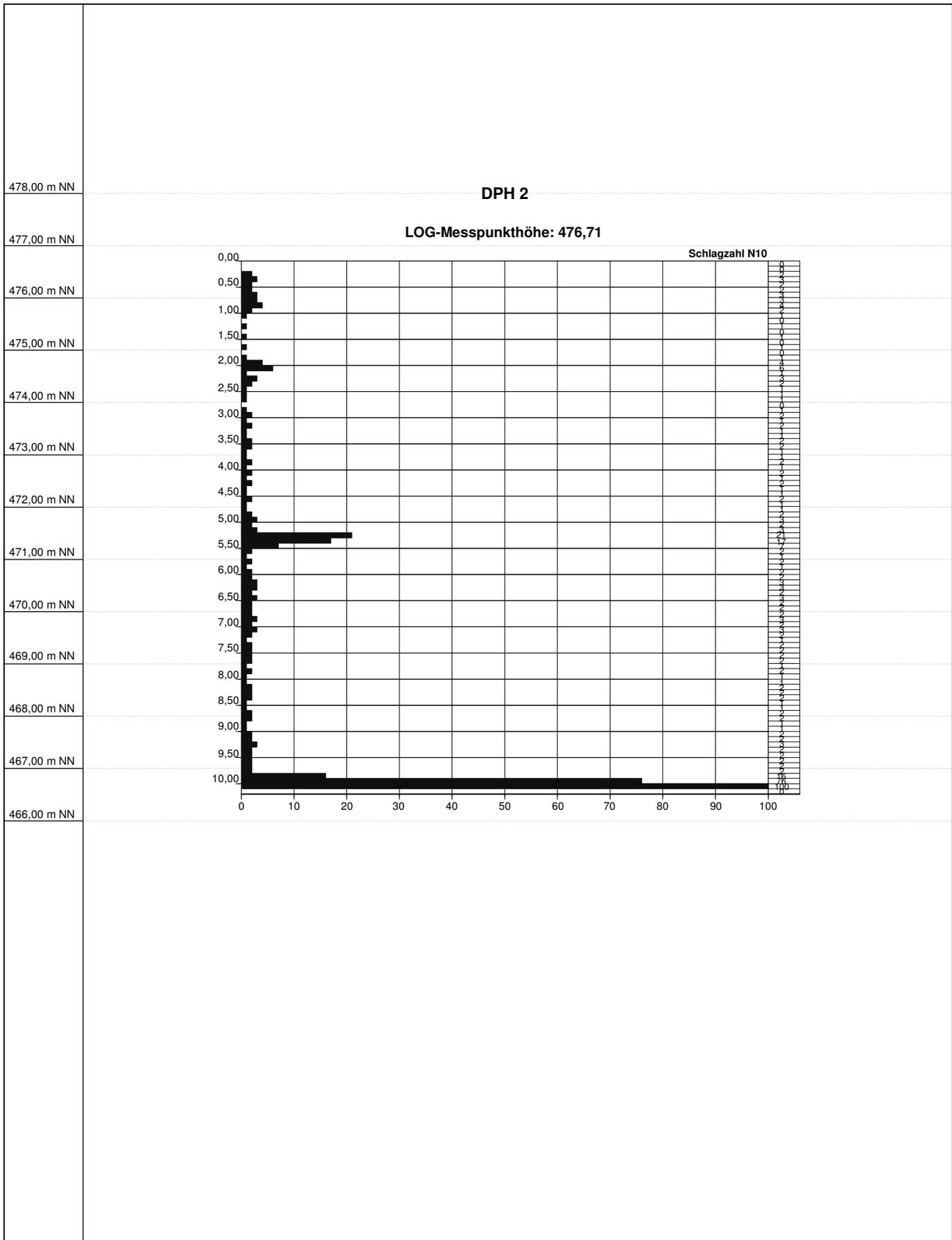


Name d. Bhrg.	DPH 1	RW: 3574029
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362685
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 474,52
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 13.03.2017
Anlage Nr.	5	Maßstab : 1:100

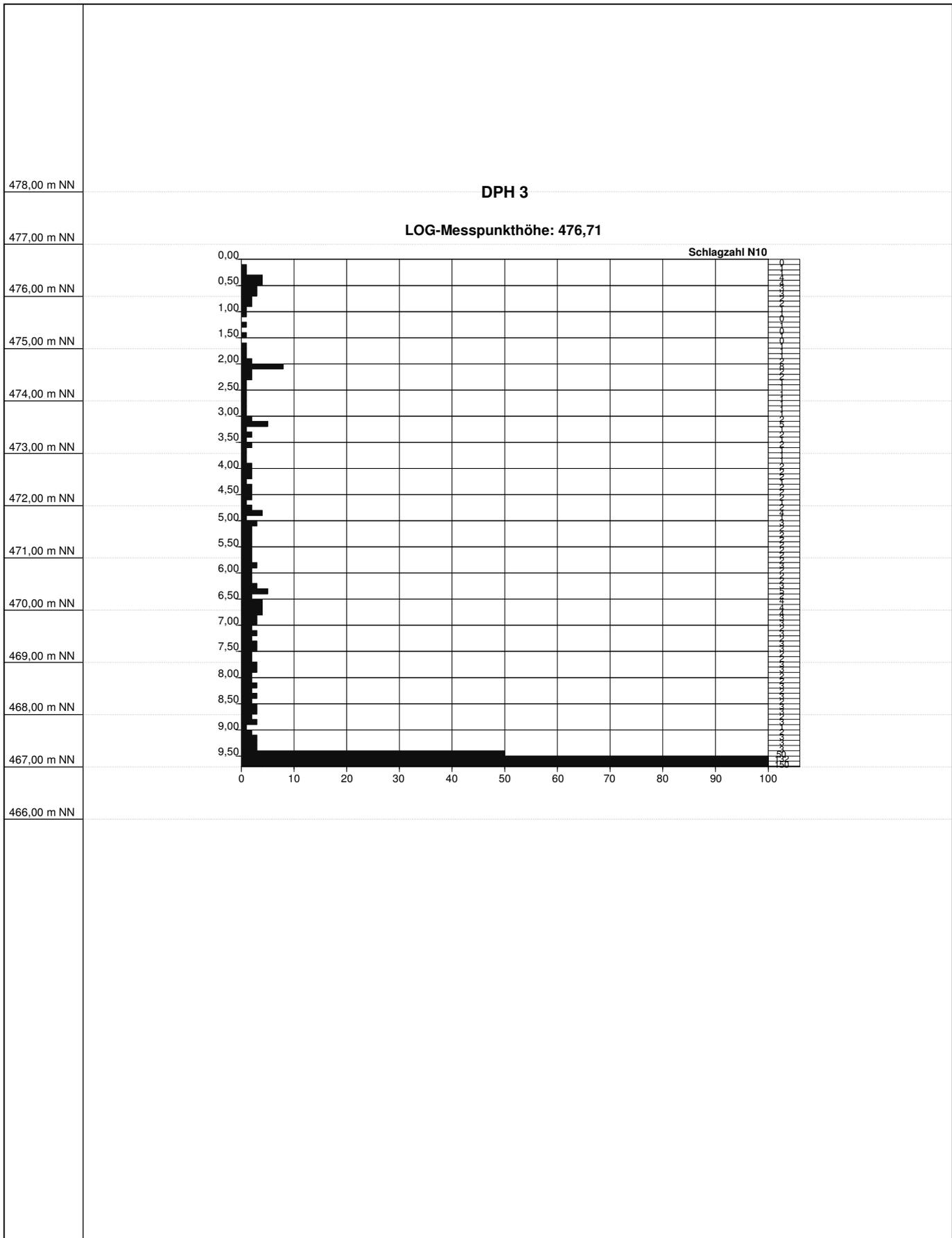
GeoBüro Ulm

Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm

Tel. 0731 / 96 00 770
Fax. 0731 / 96 00 774



Name d. Bhrg.	DPH 2	RW: 3573996	<p><u>GeoBüro Ulm</u></p> <p>Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm</p> <p>Tel. 0731 / 96 00 770 Fax. 0731 / 96 00 774</p>
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362664	
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 477,12	
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 13.03.2017	
Anlage Nr.	5	Maßstab : 1:100	

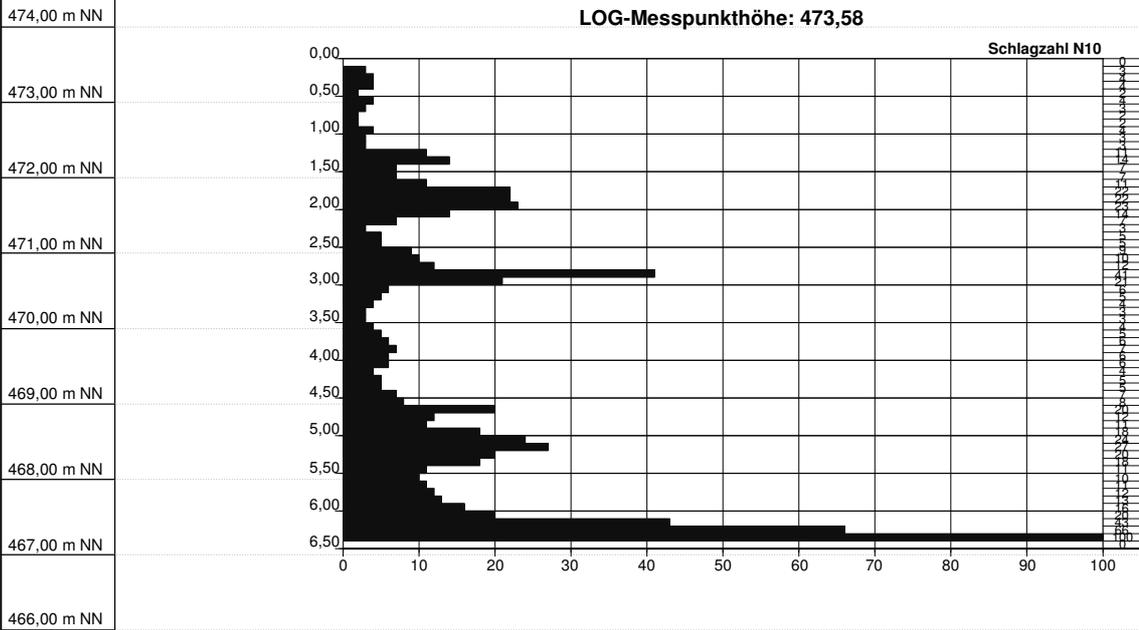


Name d. Bhrg.	DPH 3	RW: 3574015	<u>GeoBüro Ulm</u> Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm Tel. 0731 / 96 00 770 Fax. 0731 / 96 00 774
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362665	
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 477,09	
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 13.03.2017	
Anlage Nr.	5	Maßstab : 1:100	

DPH 4

LOG-Messpunkthöhe: 473,58

Schlagzahl N10



Name d. Bhrg.	DPH 4	RW: 3573983
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362648
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 473,4
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 13.03.2017
Anlage Nr.	5	Maßstab : 1:100

GeoBüro Ulm
 Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm
 Tel. 0731 / 96 00 770
 Fax. 0731 / 96 00 774

DPH 5

LOG-Messpunkthöhe: 476,76

477,00 m NN

476,00 m NN

475,00 m NN

474,00 m NN

473,00 m NN

472,00 m NN

471,00 m NN

470,00 m NN

469,00 m NN

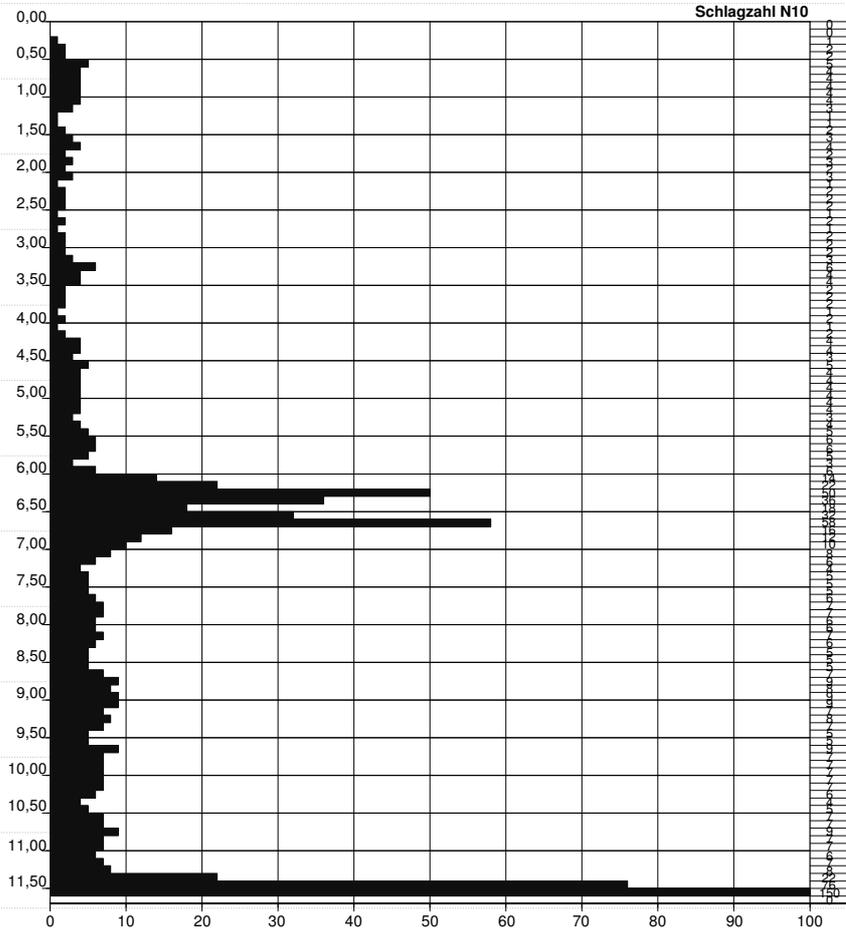
468,00 m NN

467,00 m NN

466,00 m NN

465,00 m NN

464,00 m NN



Name d. Bhrg.	DPH 5	RW: 3574002	<p>GeoBüro Ulm</p> <p>Magirus-Deutz-Str. 9, 89077 Ulm</p> <p>Tel. 0731 / 96 00 770 Fax. 0731 / 96 00 774</p>
Projekt	Dreifaltigkeitshof	HW: 5362632	
Bearbeiter	Sieben	Höhe NN: 476,87	
Auftraggeber	Evang. Heimstiftung GmbH	Datum: 13.03.2017	
Anlage Nr.	5	Maßstab : 1:100	

AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

GEOBÜRO ULM
 Magirus-Deutz-Straße 9
 89077 ULM

Datum 24.03.2017
 Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754147

Auftrag **2274082 BV Dreifaltigkeitshof Ulm**
 Analysenr. **754147**
 Probeneingang **22.03.2017**
 Probenahme **21.03.2017**
 Probenehmer **Hr. Sieben**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 1**

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Einheit	Ergebnis	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z0*	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.1	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.2	VwV Ba- Wü. Tab. 6-1 Z2	Best.-Gr.		
Feststoff								
Analyse in der Gesamtfraction								
Masse Laborprobe	kg	°	1,70			0,001		
Trockensubstanz	%	°	78,7			0,1		
pH-Wert (CaCl2)		°	8,80			0		
Cyanide ges.	mg/kg		<0,3	3	3	10	0,3	
EOX	mg/kg		<1,0	1	3	3	10	1
Königswasseraufschluß								
Arsen (As)	mg/kg		6,1	15/20	45	45	150	2
Blei (Pb)	mg/kg		16	140	210	210	700	4
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,2	1	3	3	10	0,2
Chrom (Cr)	mg/kg		13	120	180	180	600	1
Kupfer (Cu)	mg/kg		22	80	120	120	400	1
Nickel (Ni)	mg/kg		12	100	150	150	500	1
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,25	1	1,5	1,5	5	0,05
Thallium (Tl)	mg/kg		<0,1	0,7	2,1	2,1	7	0,1
Zink (Zn)	mg/kg		83,3	300	450	450	1500	2
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	200	300	300	1000	50
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg		<50	400	600	600	2000	50
Naphthalin	mg/kg		<0,05					0,05
Acenaphthylen	mg/kg		<0,05					0,05
Acenaphthen	mg/kg		<0,05					0,05
Fluoren	mg/kg		<0,05					0,05
Phenanthren	mg/kg		0,40					0,05
Anthracen	mg/kg		0,12					0,05
Fluoranthen	mg/kg		0,64					0,05
Pyren	mg/kg		0,54					0,05
Benzo(a)anthracen	mg/kg		0,25					0,05
Chrysen	mg/kg		0,22					0,05
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg		0,21					0,05
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg		0,09					0,05
Benzo(a)pyren	mg/kg		0,23	0,6	0,9	0,9	3	0,05
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		<0,05					0,05
Benzo(ghi)perylene	mg/kg		0,16					0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		0,16					0,05

Datum 24.03.2017
 Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754147

Kunden-Probenbezeichnung **MP 1**

VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z0* VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.1 VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.2 VwV Ba- Wü. Tab. 6-1 Z2 Best.-Gr.

Einheit	Ergebnis	1 Z0*	1 Z1.1	1 Z1.2	6-1 Z2	Best.-Gr.
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	3,0 ^{x)}	3	3	9	30
Dichlormethan	mg/kg	<0,2				0,2
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
Trichlormethan	mg/kg	<0,1				0,1
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,1				0,1
Trichlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,1				0,1
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
Benzol	mg/kg	<0,05				0,05
Toluol	mg/kg	<0,05				0,05
Ethylbenzol	mg/kg	<0,05				0,05
m,p-Xylol	mg/kg	<0,05				0,05
o-Xylol	mg/kg	<0,05				0,05
Cumol	mg/kg	<0,1				0,1
Styrol	mg/kg	<0,1				0,1
Summe BTX	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
PCB (28)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (52)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (101)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (118)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (138)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (153)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (180)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB-Summe	mg/kg	n.b.				
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.	0,1	0,15	0,15	0,5

Eluat

Eluaterstellung						
Temperatur Eluat	°C	22,3				0
pH-Wert		10,2	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	248	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	37	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	6,7	50	50	100	150
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,02	0,02	0,04	0,1
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Cu)	mg/l	0,005	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0005				0,0005
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,15	0,15	0,2	0,6

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.
 Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Datum 24.03.2017
Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754147

Kunden-Probenbezeichnung **MP 1**

Beginn der Prüfungen: 22.03.2017
Ende der Prüfungen: 24.03.2017

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.



AGROLAB Labor GmbH, Sabine Beierl, Tel. 08765/93996-81
sabine.beierl@agrolab.de Kundenbetreuung

Methodenliste

Feststoff

DIN EN ISO 11885 Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN EN ISO 12846 Quecksilber (Hg)

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Thallium (Tl)

DIN EN 13657 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)

DIN EN 14039 + LAGA KW/04 Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)

DIN EN 14346 Trockensubstanz

DIN EN 15308 PCB-Summe

DIN ISO 10390 pH-Wert (CaCl2)

DIN ISO 17380 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 Naphthalin Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthen Pyren Benzo(a)anthracen Chrysen
Benzo(b)fluoranthen Benzo(k)fluoranthen Benzo(a)pyren Dibenz(ah)anthracen Benzo(ghi)perylene Indeno(1,2,3-cd)pyren
PAK-Summe (nach EPA)

DIN 38414-17 (S 17) EOX

gem. LAGA-Z-Stufen (Summe ohne Faktor) PCB-Summe (6 Kongenere)

HLUG, Handb. Altlasten Bd.7, TI.4 Dichlormethan cis-1,2-Dichlorethen trans-1,2-Dichlorethen Trichlormethan 1,1,1-Trichlorethan
Trichlorethen Tetrachlormethan Tetrachlorethen LHKW - Summe Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol
o-Xylol Cumol Styrol Summe BTX

keine Angabe Analyse in der Gesamtfraction Masse Laborprobe

DIN EN 15308 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (118) PCB (138) PCB (153) PCB (180)

Eluat

DIN EN ISO 10304-1:2009 Chlorid (Cl) Sulfat (SO4)

DIN EN ISO 12846 Quecksilber (Hg)

DIN EN ISO 14402 Phenolindex

DIN EN ISO 14403 Cyanide ges.

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Thallium (Tl) Zink (Zn)

DIN EN 12457-4 Eluaterstellung

DIN EN 27888 (C 8) elektrische Leitfähigkeit

DIN 38404-4 (C 4) Temperatur Eluat

DIN 38404-5 (C 5) pH-Wert

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

GEOBÜRO ULM
 Magirus-Deutz-Straße 9
 89077 ULM

Datum 24.03.2017
 Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754148

Auftrag **2274082 BV Dreifaltigkeitshof Ulm**
 Analysenr. **754148**
 Probeneingang **22.03.2017**
 Probenahme **21.03.2017**
 Probenehmer **Hr. Sieben**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP 2**

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Einheit	Ergebnis	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z0*	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.1	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.2	VwV Ba- Wü. Tab. 6-1 Z2	Best.-Gr.		
Feststoff								
Analyse in der Gesamtfraction								
Masse Laborprobe	kg	°	2,60			0,001		
Trockensubstanz	%	°	85,6			0,1		
pH-Wert (CaCl2)		°	8,78			0		
Cyanide ges.	mg/kg		<0,3	3	3	10	0,3	
EOX	mg/kg		<1,0	1	3	3	10	1
Königswasseraufschluß								
Arsen (As)	mg/kg		4,2	15/20	45	45	150	2
Blei (Pb)	mg/kg		68	140	210	210	700	4
Cadmium (Cd)	mg/kg		<0,2	1	3	3	10	0,2
Chrom (Cr)	mg/kg		6	120	180	180	600	1
Kupfer (Cu)	mg/kg		19	80	120	120	400	1
Nickel (Ni)	mg/kg		6,7	100	150	150	500	1
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,10	1	1,5	1,5	5	0,05
Thallium (Tl)	mg/kg		<0,1	0,7	2,1	2,1	7	0,1
Zink (Zn)	mg/kg		33,1	300	450	450	1500	2
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		51	200	300	300	1000	50
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg		250	400	600	600	2000	50
Naphthalin	mg/kg		<0,25^{pej}					0,25
Acenaphthylen	mg/kg		1,3^{vj}					0,25
Acenaphthen	mg/kg		<0,25^{pej}					0,25
Fluoren	mg/kg		<0,25^{pej}					0,25
Phenanthren	mg/kg		0,84^{vj}					0,25
Anthracen	mg/kg		1,3^{vj}					0,25
Fluoranthren	mg/kg		4,3^{vj}					0,25
Pyren	mg/kg		4,3^{vj}					0,25
Benzo(a)anthracen	mg/kg		3,8^{vj}					0,25
Chrysen	mg/kg		3,8^{vj}					0,25
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		4,7^{vj}					0,25
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		2,1^{vj}					0,25
Benzo(a)pyren	mg/kg		4,2^{vj}	0,6	0,9	0,9	3	0,25
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		0,91^{vj}					0,25
Benzo(ghi)perylene	mg/kg		2,4^{vj}					0,25
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		1,9^{vj}					0,25

Datum 24.03.2017
 Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754148

Kunden-Probenbezeichnung **MP 2**

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Einheit	Ergebnis	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z0*	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.1	VwV Ba- Wü. Tab. 6- 1 Z1.2	VwV Ba- Wü. Tab. 6-1 Z2	Best.-Gr.
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	36^{x)}	3	3	9	30
Dichlormethan	mg/kg	<0,2				0,2
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
Trichlormethan	mg/kg	<0,1				0,1
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,1				0,1
Trichlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,1				0,1
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,1				0,1
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
Benzol	mg/kg	<0,05				0,05
Toluol	mg/kg	<0,05				0,05
Ethylbenzol	mg/kg	<0,05				0,05
m,p-Xylol	mg/kg	<0,05				0,05
o-Xylol	mg/kg	<0,05				0,05
Cumol	mg/kg	<0,1				0,1
Styrol	mg/kg	<0,1				0,1
Summe BTX	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
PCB (28)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (52)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (101)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (118)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (138)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (153)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB (180)	mg/kg	<0,01				0,01
PCB-Summe	mg/kg	n.b.				
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.	0,1	0,15	0,15	0,5

Eluat

Eluaterstellung						
Temperatur Eluat	°C	22,7				0
pH-Wert		9,69	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	132	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	16	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	3,8	50	50	100	150
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,02	0,02	0,04	0,1
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0005				0,0005
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,15	0,15	0,2	0,6

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.
 pe) Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte eine Veränderung des Verhältnisses von Probenmenge zum Extraktionsmittel erforderten.
 v) Die Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da die vorliegende Konzentration erforderte, die Probe in den gerätespezifischen Arbeitsbereich zu verdünnen.
 Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender

Datum 24.03.2017
Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754148

Kunden-Probenbezeichnung **MP 2**

Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 22.03.2017

Ende der Prüfungen: 24.03.2017

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.



AGROLAB Labor GmbH, Sabine Beierl, Tel. 08765/93996-81
sabine.beierl@agrolab.de Kundenbetreuung

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Datum 24.03.2017
Kundennr. 27013874

PRÜFBERICHT 2274082 - 754148

Kunden-Probenbezeichnung **MP 2**

Methodenliste

Feststoff

DIN EN ISO 11885 Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN EN ISO 12846 Quecksilber (Hg)

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Thallium (Tl)

DIN EN 13657 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)

DIN EN 14039 + LAGA KW/04 Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)

DIN EN 14346 Trockensubstanz

DIN EN 15308 PCB-Summe

DIN ISO 10390 pH-Wert (CaCl₂)

DIN ISO 17380 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 Naphthalin Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren Benzo(a)anthracen Chrysen
Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenz(ah)anthracen Benzo(ghi)perylene Indeno(1,2,3-cd)pyren
PAK-Summe (nach EPA)

DIN 38414-17 (S 17) EOX

gem. LAGA-Z-Stufen (Summe ohne Faktor) PCB-Summe (6 Kongenere)

HLUG, Handb. Altlasten Bd.7, TI.4 Dichlormethan cis-1,2-Dichlorethen trans-1,2-Dichlorethen Trichlormethan 1,1,1-Trichlorethan

Trichlorethen Tetrachlormethan Tetrachlorethen LHKW - Summe Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol

o-Xylol Cumol Styrol Summe BTX

keine Angabe Analyse in der Gesamtfraktion Masse Laborprobe

DIN EN 15308 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (118) PCB (138) PCB (153) PCB (180)

Eluat

DIN EN ISO 10304-1:2009 Chlorid (Cl) Sulfat (SO₄)

DIN EN ISO 12846 Quecksilber (Hg)

DIN EN ISO 14402 Phenolindex

DIN EN ISO 14403 Cyanide ges.

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Thallium (Tl) Zink (Zn)

DIN EN 12457-4 Eluaterstellung

DIN EN 27888 (C 8) elektrische Leitfähigkeit

DIN 38404-4 (C 4) Temperatur Eluat

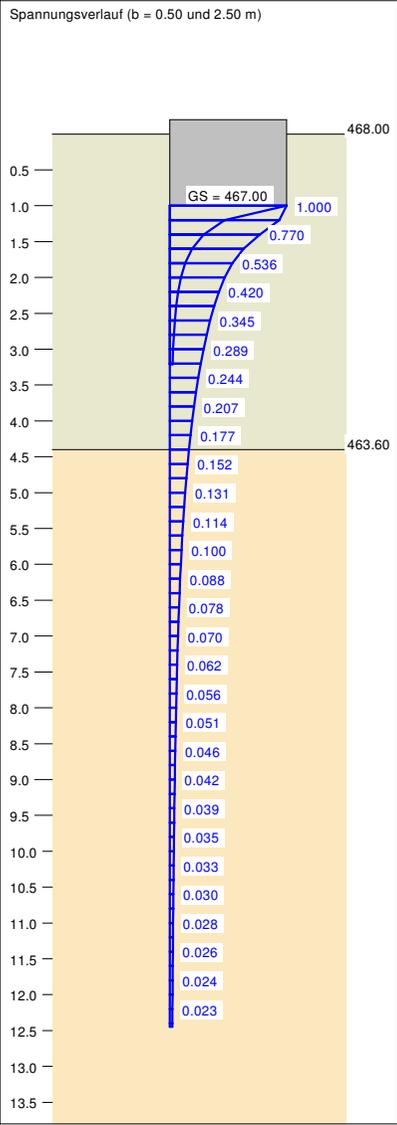
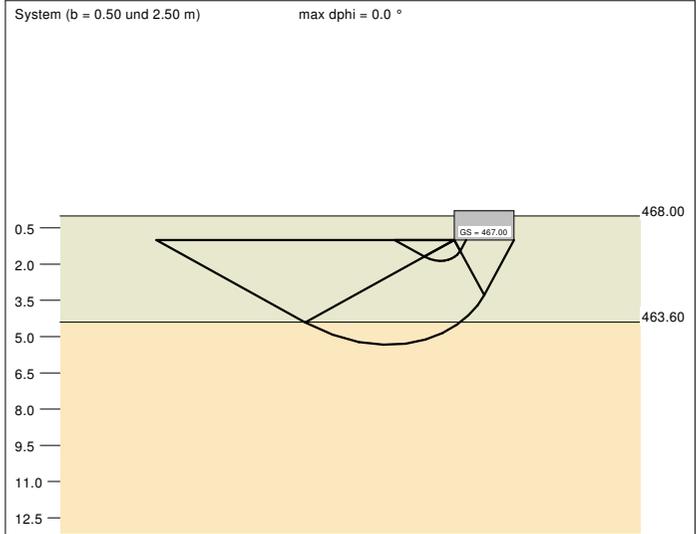
DIN 38404-5 (C 5) pH-Wert

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	19.0	11.5	32.5	0.0	60.0	0.00	Kies
	25.0	15.0	32.5	100.0	200.0	0.00	Kalkstein

Projektbezeichnung: Dreifaltigkeitshof Ulm
 Projektbereich: Einzelfundament/Brunnen
 Einbindetiefe: 1,0 m unter Kellerfußboden

GeoBüro Ulm



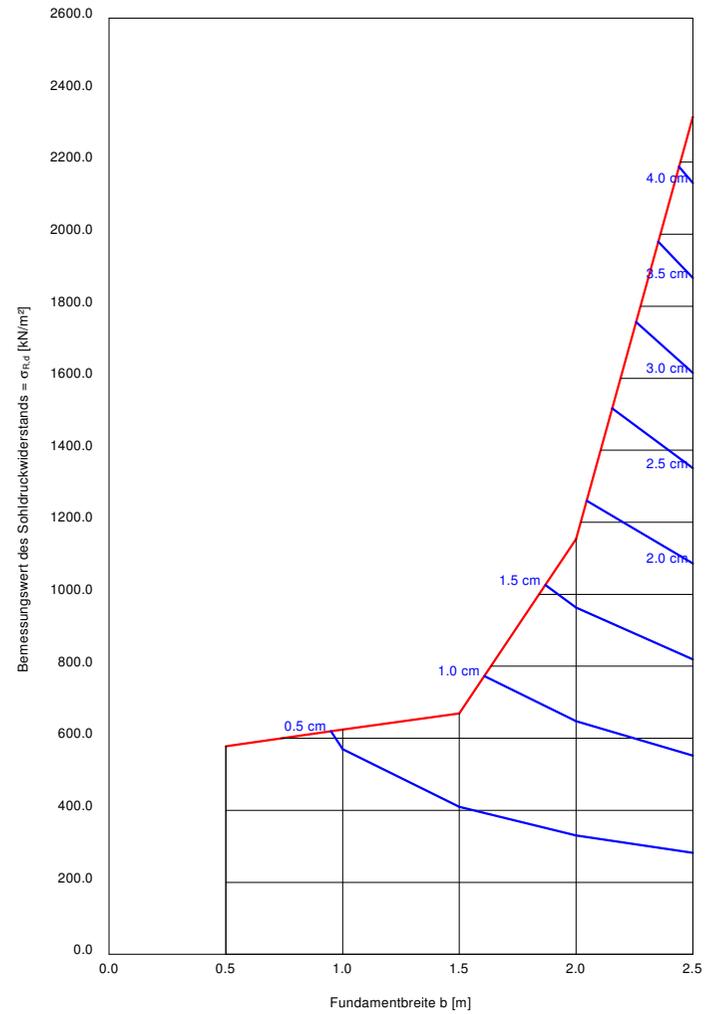
Berechnungsgrundlagen:
 Dreifaltigkeitshof Ulm
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)

$\gamma_{(G,O)} = 0.180 \cdot \gamma_G + (1 - 0.180) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,O)} = 1.377$
 OK Gelände = 468.00 m
 Gründungssohle = 467.00 m
 Grundwasser = 466.45 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt

$\gamma_{R,V} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_O = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.180

— Sohldruck
— Setzungen

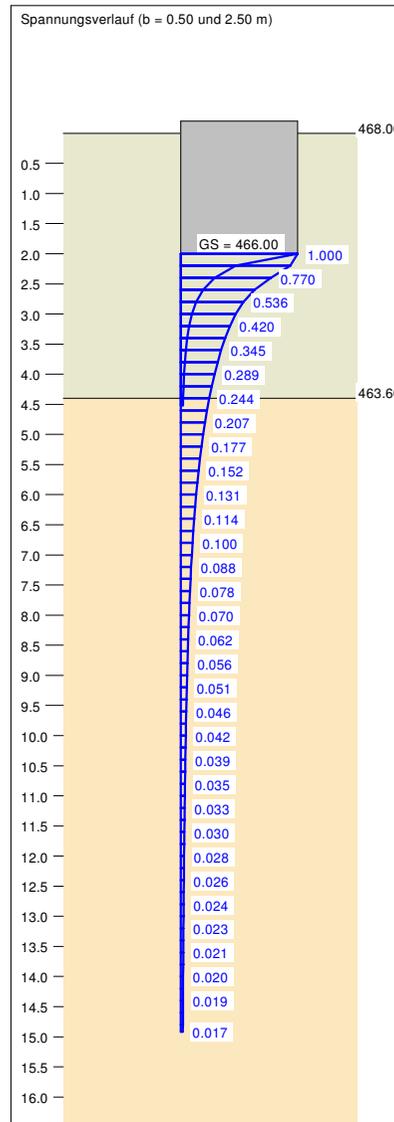
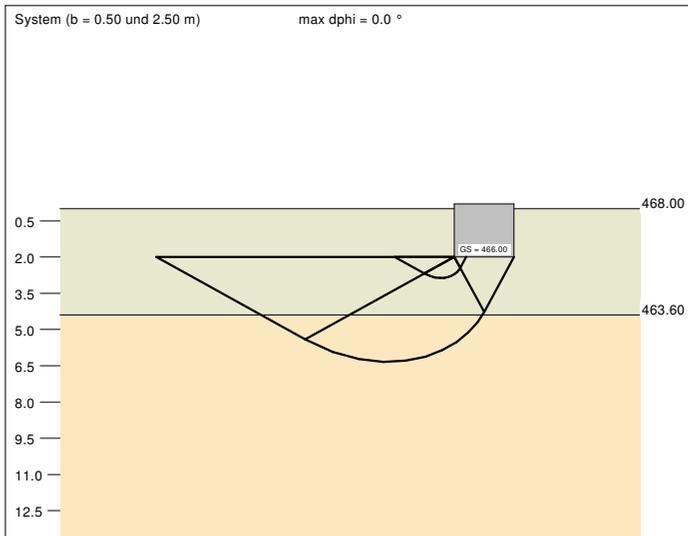
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]
0.50	0.50	578.2	144.5	419.9	0.26	32.5	0.00	17.37	19.00	3.21	1.87
1.00	1.00	624.5	624.5	453.5	0.55	32.5	0.00	14.85	19.00	4.83	2.73
1.50	1.50	668.7	1504.6	485.6	0.83	32.5	0.00	13.82	19.00	6.18	3.60
2.00	2.00	1153.0	4612.2	837.4	1.80	32.5	10.68	13.29	19.00	8.67	4.47
2.50	2.50	2326.7	14542.0	1689.7	4.35	32.5	37.92	13.28	19.00	12.44	5.34



$\sigma_{E,k} = \sigma_{G1k} / (\gamma_{R,V} \cdot \gamma_{(G,O)}) = \sigma_{G1k} / (1.40 \cdot 1.38) = \sigma_{G1k} / 1.93$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.18

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	11.5	32.5	0.0	60.0	0.00	Kies
	25.0	15.0	32.5	100.0	200.0	0.00	Kalkstein

Projektbezeichnung: Dreifaltigkeitshof Ulm
 Projektbereich: Einzelfundament/Brunnen
 Einbindetiefe: 2,0 m unter Kellerfußboden



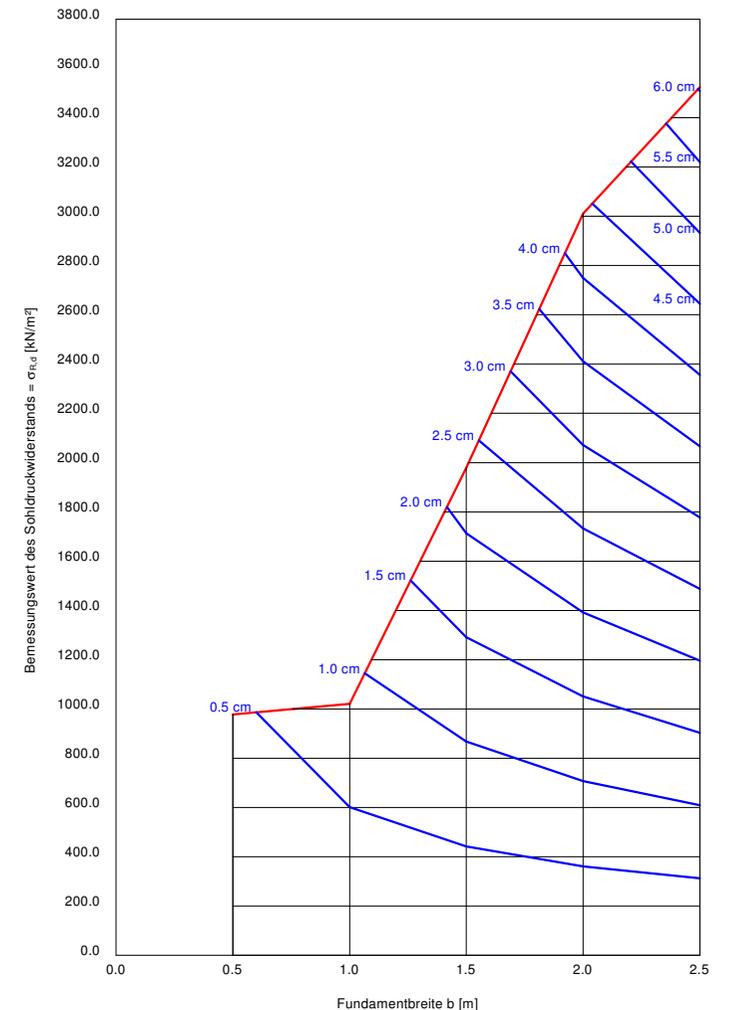
Berechnungsgrundlagen:
 Dreifaltigkeitshof Ulm
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)

$\gamma_{(G,O)} = 0.180 \cdot \gamma_G + (1 - 0.180) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,O)} = 1.377$
 OK Gelände = 468.00 m
 Gründungssohle = 466.00 m
 Grundwasser = 466.45 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt

$\gamma_{R,V} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_G = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.180

— Sohldruck
 — Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	R _{n,d} [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
0.50	0.50	977.9	244.5	710.2	0.45	32.5	0.00	11.50	34.63	4.52	2.87
1.00	1.00	1021.1	1021.1	741.6	0.86	32.5	0.00	11.50	34.63	6.29	3.73
1.50	1.50	1978.6	4451.8	1436.9	2.32	32.5	22.14	11.57	34.63	9.35	4.60
2.00	2.00	3010.6	12042.3	2186.3	4.39	32.5	45.92	12.09	34.63	12.47	5.47
2.50	2.50	3524.5	22028.4	2559.6	6.03	32.5	57.08	12.52	34.63	14.91	6.34



$\sigma_{E,k} = \sigma_{G1k} / (\gamma_{R,V} \cdot \gamma_{(G,O)}) = \sigma_{G1k} / (1.40 \cdot 1.38) = \sigma_{G1k} / 1.93$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.18