

23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum

Geotechnischer Bericht

Auftraggeber

BG Kliniken Ludwigshafen und Tübingen gGmbH
Schnarrenbergstraße 95
72076 Tübingen
Herr Dipl.-Ing. Arch. T. Gehrling
Tel: 07071 606-1749
E-Mail: tgehring@bgu-tuebingen.de

Projektsteurer

BPM Bau- und Projektmanagement Hartl
Schellberg 1
84347 Pfarrkirchen
Herr Dipl.-Ing. A. Huber
Tel: 08561/929 09-63
E-Mail: a.huber@bpm-gmbh.de

Architekten

SIGMA PLAN WEIMAR GmbH
Am Kirschberg 33
99423 Weimar
Herr Dipl.-Ing. M. Seifert
Tel: 03643 / 86 00 19
E-Mail: seifert@sigmaplan-weimar.de

Tragwerksplaner

Ingenieurbüro Egerland
Gellertstraße 49
09661 Hainichen
Herr Dipl.-Ing. (FH) P. Uhlig
Tel: 037207/6559-19
E-Mail: p.uhlig@ib-egerland.de

Ort und Datum

Stuttgart, 25.06.2024

Verteiler

Digital und 1fach in Papierform an die Beteiligten

Textseiten; Anlagen

41; 1.1 bis 5 (75 Blatt)

Bericht-Nr.; Zeichen

1039848-01; DT/HS/Hö/Mü/Ru

Projektleiter

Dr.-Ing. Thomas Rumpelt (D:-13)

Bearbeiter Bautechnik

Dipl.-Ing. Hendrik Suttkus (D:-32)

Bearbeiter Baugrund

Dipl.-Geol. Dieter Tronich (D:-33)

Bearbeiter Umwelttechnik

M.Sc. Julian Hönig (D:-41)



Thomas Rumpelt i. A. M. H. H.

Smoltczyk & Partner GmbH
Untere Waldplätze 14
70569 Stuttgart
Tel. 0711 / 131 64-0

Büro Heilbronn
Lindenstraße 16
74232 Abstatt
Tel. 07062 / 914 23 55

Geschäftsführende Gesellschafter:
Dipl.-Geol. Dr. Martin Brodbeck
Dipl.-Ing. Holger Jud
Dr.-Ing. Annette Lächler
Dipl.-Ing. Hartmut Reichenbach
Geschäftsführer: Dr. Ulrich Klotz, M.Sc.
Gesellschafter:
Dr.-Ing. Berthold Rilling
Dr.-Ing. Thomas Rumpelt

Sachverständige für Geotechnik
Beratende Ingenieure VBI
Beratende Geowissenschaftler BDG

www.SmoltczykPartner.de
post@SmoltczykPartner.de
Amtsgericht Stuttgart HRB 9451

Büro Oberschwaben
Marsweilerstraße 19
88255 Baidt
Tel. 0751 / 767 820 98

Mitglied von
Ingenieurkammer BW,
AIV, ASCE, DGGT, DVGW, FGSV,
IAEG, IGS, ISRM, ISSMGE, ITVA, VDI

<u>Inhalt</u>	Seite
1 Bezug und Unterlagen	3
2 Lage und Bauwerksbeschreibung	4
3 Untersuchungsumfang	6
4 Baugrund	8
5 Grundwasser	11
6 Schadstoffsituation	13
7 Eigenschaften von Böden und Fels	17
7.1 Ergebnisse der Feldversuche	17
7.2 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	18
7.3 Klassifikation und charakteristische Kennwerte	21
7.4 Erdbebengefährdung	23
7.5 Homogenbereiche	24
8 Bautechnische Folgerungen	26
8.1 Geländeauffüllung	27
8.2 Gründung	29
8.2.1 Landeplattform und Hangar	29
8.2.2 Tankstelle	33
8.3 Baugrubenherstellung	33
8.3.1 Aushub und Wiederverwendbarkeit von Böden	33
8.3.2 Baugrubenböschungen	34
8.4 Frost- und Feuchteschutz	34
8.5 Hinterfüllung und Erddruck	36
8.6 Verkehrsflächen und Aufbau unter Bodenplatten	37
9 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung	38
 <u>Anlagen</u>	
siehe Anlagenverzeichnis	40

1 Bezug und Unterlagen

Auftrag: Durch die BG Kliniken Ludwigshafen und Tübingen gGmbH, Standort Tübingen, wurden wir am 26.02.24 auf der Grundlage unseres Leistungs- und Honorarvorschlags vom 31.01.24 beauftragt, für den Neubau des Luftrettungszentrums in Tübingen eine Baugrunderkundung zu planen, zu betreuen und durchzuführen sowie den vorliegenden Geotechnischen Bericht zu erstellen. Zusätzlich wird darin im Hinblick auf die zukünftigen Aushubarbeiten an Proben aus der Baugrunderkundung eine orientierende abfall-/umwelttechnische Untersuchung und Einstufung der Schadstoffsituation des Untergrundes vorgenommen.

An aktuellen Unterlagen, die Grundlage unserer Bearbeitung sind, erhielten wir von Herrn M.Sc. A. Huber, BPM Bau- und Projektmanagement Hartl GmbH, per E-Mail am 12.03.24 einen Plansatz zum Vorentwurf als pdf- und dwg-Dateien mit Stand vom 12.03.24:

- 1 Lageplan (M 1:500), V2.3-Garten,
- 1 Plan (M 1:200) mit Grundrissen Hangar und Treppe, V2.3-Garten,
- 1 Plan (M:1:200) mit Schnitten 1-1 und 2-2, V2.3-Garten,

per E-Mail am 03.05.24:

- 2 Pläne (M 1:200), Landeplattform, Übersicht Stützenfundamente und Übersicht Ebene Landeplattform, Vorplanung, Stand 30.04.24 und

per E-Mail am 06.05.24:

- 2 Pläne (M 1:100), Schnitt 1-1 und Schnitt 2-2, Vorplanung, Stand 30.04.24.

Zusätzlich erhielten wir von Herrn Dipl.-Ing. (FH) J. Bessel, Reik Ingenieurgesellschaft mbH, per E-Mail am 06.05.24 als pdf und dwg-Datei:

- 1 Lageplan (M 1:250) als Vorabzug, Zufahrt Variante 1, Vorplanung, Stand 03.05.24 und am 14.05.24 von Herrn , Peter Uhlig vom Ingenieurbüro Egerland, per E-Mail:
- 1 Lastenplan Großbohrpfähle zum Vorentwurf, ohne Maßstab.

Bereits für die Erstellung unseres Leistungs- und Honorarvorschlags erhielten wir von Herrn Dipl.-Ing. Arch. T. Gerling und Herrn M.Sc. A. Huber weitere Bestandspläne, Lagepläne, Grundrisse und Ansichten des geplanten LRZ (verschiedene ältere Varianten), die wir nicht alle im Detail hier aufgelistet haben sowie:

- Machbarkeitsstudie (16 Blatt) Georg Keller + Co. Ingenieurgesellschaft mbH, BG Klinik Tübingen, Errichtung eines Hubschrauberhangars vom 19.01.21,
- Luftbilddauswertung des Kampfmittelbeseitigungsdienstes von Baden-Württemberg (KMBD) vom 14.03.23,
- Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung Dr.-Ing. Orth GmbH zum Neubau Bettenhaus mit physikalischer Therapie und Neuordnung der Parkierung vom 02.01.24 mit 4 angehängten Stellungnahmen mit ergänzenden Angaben zur Gründung aus dem gleichen Jahr sowie

- 1 Höhenbestandsplan (M 1:100) im Bezugssystem DHHN 2016 mit Ver- und Entsorgungsleitungen als pdf- und dwg-Datei, Stand 19.01.24.

Außerdem standen uns zur Verfügung:

- Blatt 7420 Tübingen der Geologischen Karte (M1:25000) von Baden-Württemberg mit Erläuterungen, Stuttgart 1980,
- Blätter NW 02/01 und NW 02/02 der Höhenflurkarte (M1:2500) von Württemberg, Stand 1899 sowie
- 2 Berichte zur Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung der Dr.-Ing. Orth GmbH, Karlsruhe, für
 - den Neubau des Bettenhauses (1. BA) Nr. 93059 vom 02.01.94 und
 - die OP-Erweiterung Süd, Nr. 04118 vom 04.04.05 sowie
- Baugrund- und Gründungsgutachten, Smoltczyk & Partner GmbH, Stuttgart, für die Umnutzung des KG-Baus, Nr. 07087G01 vom 18.10.07.

2 Lage und Bauwerksbeschreibung

Lage: Die berufsgenossenschaftliche Unfallklinik (BG Klinik) liegt rund zwei Kilometer nordwestlich der Tübinger Altstadt auf einer flachen Verebnungsfläche am östlichen Abhang des Steinenbergs (Anlage 1.1).

Das für das geplante Luftrettungszentrum vorgesehene Areal liegt im Südosten des Klinikkomplexes zwischen der Schnarrenbergstraße im Osten, der Elfriede-Aulhorn-Straße im Süden und der bestehenden Schwimmhalle im Nordwesten (Anlage 1.2).

Zum Zeitpunkt der Erkundung war das Gelände mit Rasenflächen und Büschen, befestigten Gehwegen und Feuerwehrezufahrten sowie im Ostteil mit einem Teich, einem Großschachfeld und Parkbänken angelegt.

Das Gelände fällt im überwiegenden Bereich flach von knapp 450 mNHN im Nordwesten auf 447 mNHN bis 448 mNHN im Südosten ab; unmittelbar östlich und südlich davon fällt es steil zur Schnarrenbergstraße auf etwa 435 mNHN (Süden) bis 436 mNHN (Norden) und der Elfriede-Aulhorn-Straße auf etwa 439 mNHN (Westen) bis 435 mNHN (Osten) entlang dicht mit Büschen und Bäumen bewachsenen Böschungen ab, die im unteren Abschnitt mit Stützmauern und Gabionen gesichert sind.

Die geodätischen Grundstücksdaten sind in Anlage 2 angegeben.

Bauwerksbeschreibung: Geplant ist ein Luftrettungszentrum als Anbau an den ebenfalls in Planung befindlichen Neubau der Zentralen Notaufnahme (ZNA) der BG Klinik. Es besteht aus einem Hangar mit angegliederten Räumen auf zwei Geschossen auf einem Grundriss von 19 m bis 22 m mal 33,5 m und einer kleeblattförmigen Landeplattform mit Abstellflächen mit Gesamtabmessungen von ca. 62 m mal 56 m. Die Gebäudenullhöhe dieser Bauteile liegt etwas über der Dachhöhe des benachbarten Neubaus, so dass diese etwa 15,26 m über dem künftigen Gelände zu liegen kommt. Zwei Treppentürme (NT1 und NT2) ragen bis auf den Grund, wobei NT1 mit Grundrissabmessungen von 17,1 m mal 7,2 m noch verschiedene, rund 1,5 m bis 3 m ins spätere Gelände einbindende Technikeinbauten besitzt. NT2 weist Grundrissabmessungen von 4,2 m mal 3,2 m auf und befindet sich am Südwestrand der Konstruktion. Die übrige Konstruktion wird auf Pendelstützen aufgelagert.

Südlich des Baufeldes, im Bereich der rückzubauenden Werkstatt an der Elfriede-Aulhorn-Straße, ist zur Betankung der Hubschrauber eine Tankstelle mit unterirdischen Tank mit Durchmesser 2,5 m und Länge 8,7 m mit einem Fassungsvermögen von 40 m³, peripheren Lieferflächen und Überdachung zur Befüllung vorgesehen. Zur Ausbildung, Konstruktion und Lasten der Überdachung lagen uns außer dem Lageplan keine weiteren Informationen vor.

Die Bauwerksnull-Höhe (= Dachhöhe des geplanten ZNA Neubaus) ist mit $\pm 0,00$ m = 460,58 mNHN (Ebene E0) angegeben.

Die Arbeitsebene des Hangars und der Landeplattform liegt bei 465,00 mNHN.

Das heutige Gelände soll bis auf die Ebene E-3 bei 449,74 mNHN um bis zu rund 4 m hoch aufgefüllt und nach Süden und Osten hin neu profiliert werden, siehe Anlagen 3.1.

Die Fußbodenhöhe des Aussteifungsschachts NT1 liegt 1,54 m unter künftigem Gelände bei ca. 448,20 mNHN und die des Treppenturms NT2 bei ca. 447,5 mNHN. Das Bauwerk ist als Stahlkonstruktion geplant. Die Pfähle um den Treppenturm NT1, Achsen 1-5/H-M und die Pfähle in Achse 16/C-G erhalten zur Aussteifung jeweils eine gemeinsame Pfahlkopfplatte, die übrigen Pfahlkopfplatten werden durch Zerrbalken für den Erdbeben-Lastfall verbunden.

Die Gebäudelasten werden punktförmig über Einzelstützen (Pendelstützen) zur Sohle geführt. Im Lastenplan zum Vorentwurf werden folgende vertikale Einwirkungen N_k und Horizontallasten H_k aufgrund der ständigen ($N_{G,k}$) und veränderlichen ($N_{Q,k}$) Lasten auf einzelnen Pfahltypköpfen angegeben:

- Vertikallasten: $490 \leq N_k \leq 2.620$ kN, wobei im Zusammenhang mit Einwirkungen aus Wind Schwelllasten von $\Delta N_k \leq 700$ kN mit Einwirkungen auf Zug von bis zu $N_k = -400$ kN auftreten können und

- Horizontallasten: $H_k \leq 253 \text{ kN}$.

Das Bauwerk ist gemäß DIN 1054 in die geotechnische Kategorie (GK) 2 einzuordnen.

3 Untersuchungsumfang

Bereits für die Bearbeitung unseres Leistungs- und Honorarvorschlags haben wir die in Abschnitt 1 aufgeführten Unterlagen aus unserem Archiv über das Baugelände ausgewertet und haben uns die Geländesituation zusammen mit Herrn Gehrling (BG Klinik Tübingen) vor Ort angesehen.

Auf dieser Grundlage wurde am 22.02.24 bei der Abteilung 31 Umwelt und Gewerbe im Landratsamt Tübingen gemäß § 43 des Wassergesetzes von Baden-Württemberg eine Bohranzeige eingereicht. Die Erlaubnis wurde vom Amt am 26.02.24 erteilt.

Die Erkundungspunkte wurden vor Beginn der Erkundung während eines gemeinsamen Ortstermins mit Herrn Gehrling und der Bohrfirma festgelegt und ausgepflockt.

Nach der vom Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg (KMBD) durchgeführten Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung vom 14.03.23 besteht für das Baufeld kein Kampfmittelverdacht, so dass die Erkundungen und spätere Tiefbauarbeiten ohne weitere Maßnahmen durchgeführt werden konnten und können.

Entsprechend dem von uns ausgearbeiteten Erkundungskonzept wurden zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie der Schadstoffsituation von der Bohrfirma Terrasond GmbH, Günzburg, vom 11. bis 23.04.23 unter unserer fachtechnischen Aufsicht

- 4 Kernbohrungen nach DIN EN ISO 22 475-1, Tabelle 2, Zeile 7, im Fels Zeile 2, mit 88 Bohrmeter

und von S&P am 21.03.24 mit einem mechanisch-hydraulisch betriebenen Rammkernbohrgerät (Typ: LMSR-R 780, Geotool GmbH) |

- 3 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22 475-1, Tabelle 2, Zeile 9, mit Tiefen zwischen 2,5 m und 9,0 m, mit insgesamt

29,5 Bohrmeter

niedergebracht und anschließend fachgerecht verfüllt, nähere Angaben dazu siehe Anlage 2.1.

Die Kleinbohrung BS 3 musste wegen Aufsitzen des Bohrgestänges bereits in geringer Bohrtiefe neu angesetzt werden (BS 3 A).

In den Bohrungen wurden während der Bohrarbeiten von der Terrasond GmbH

6 Bohrlochrammsondierungen nach DIN 4094-2: BDP (Borehole Dynamic Probing), Sondierungen mit geschlossener Spitze, durchgeführt, deren Ergebnisse in Anlage 2.1, links neben den Bohrprofilen, angegeben sind.

Die Erkundungspunkte wurden von uns mit einem Roverstab nach Lage (Gauß-Krüger) und Höhe (DHHN2016 in mNHN) eingemessen. Sie sind in Anlage 1.2 eingezeichnet. Der zugrunde liegende Höhenbestandsplan ist ebenfalls im Bezugssystem DHHN 2016 erstellt. Gebäudehöhen in den Schnitten sind im alten System mNN angegeben. Auf eine Anpassung der Höhen wurde wegen des geringen Unterschieds von etwa 3,5 cm verzichtet. Bei Bedarf sollten noch geringe Höhenkorrekturen durchgeführt werden.

Die Böden und Festgesteine wurden durch S&P visuell und durch manuelle Feldversuche nach DIN EN ISO 14 688-1 und DIN EN ISO 14 689 angesprochen und ingenieurgeologisch aufgenommen.

Die Schichtenfolgen der Bohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in Anlage 2.1 dargestellt und beschrieben sowie in zwei geologischen Geländeschnitten eingearbeitet (Anlage 3.1).

Die Signaturen, Zeichen und Bezeichnungen in den Anlagen 2 und 3 sind in Anlage 2.0 erläutert.

Die Schichtenverzeichnisse der Kernbohrungen und die Verfüll-Protokolle, die von der Bohrfirma erstellt wurden, befinden sich in unseren Unterlagen. Fotos der Bohrkerns sind in Anlage 2.3 beigelegt.

Den Bohrungen wurden insgesamt

124 Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN 1997-2, Tab. 3.1 und DIN EN ISO 22 475

entnommen.

Alle Proben werden nach Abgabe des Geotechnischen Berichts drei Monate lang aufbewahrt und danach, sofern sie der Auftraggeber nicht anfordert oder eine längere Einlagerung vereinbart, ohne Ankündigung entsorgt.

An ausgewählten Proben wurden in unserem geotechnischen Labor boden- und felsmechanische Versuche durchgeführt:

18 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN EN ISO 17 892-1 (Anlage 2.1, rechts neben den Profilsäulen), und

19 Punktlastversuch nach DGGT-Empfehlung Nr. 5 für die Versuchstechnik im Fels.

Im felsmechanischen Labor der Ruhr-Universität Bochum (RUB) wurden ergänzend in unserem Auftrag und gemäß unseren Vorgaben an Gesteinen felsmechanische Versuche nach den DGGT-Empfehlungen des AK 3.3 für die Versuchstechnik im Fels durchgeführt (Anlage 4.3):

- 2 einaxiale Druckversuche nach Empfehlung Nr. 1,
- 2 Punktlastversuche nach Empfehlung Nr. 5 und
- 2 Abrasivitätsuntersuchungen mittels Cerchar-Versuch gemäß der Empfehlung Nr. 23

Die Ergebnisse der Laborversuche werden in Abschnitt 7.2 erläutert und bewertet.

An schichtbezogen zusammengestellten Mischproben aus dem Bohrgut der Kernbohrungen und Kleinbohrungen haben wir chemische Analysen durchgeführt, um eine orientierende abfallrechtliche Einstufung zu ermöglichen. Hierfür wurden im chemischen Labor AT Analytik-Team GmbH, Fellbach, akkreditiert mit DAkkS D-PL-14414-01-00, vertragsgemäß sowohl

7 Mischproben aus dem Bohrgut auf den Umfang der VwV Bodenverwertung¹
als auch

- 4 Mischproben aus dem Bohrgut (Auffüllung) auf den Ergänzungsumfang der Materialwerte BM-0* der Ersatzbaustoffverordnung² (EBV), Anlage 1, Tab. 3, und
- 3 Mischproben aus dem Bohrgut (Knollenmergel und Stubensandstein) auf den Ergänzungsumfang der Materialwerte BM-0 der EBV, Anlage 1, Tab. 3.

untersucht. Die Untersuchungsergebnisse und die abfallrechtlichen Einstufungen werden in Abschnitt 6 beschrieben.

4 Baugrund

Durch Interpolation zwischen den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen haben wir unter Berücksichtigung geologischer Zusammenhänge ein räumliches Modell des Untergrundes erarbeitet, das nachfolgend beschrieben und in zwei geologischen Geländeschnitten (Anlagen 3.1) und einer Schichtlagerungskarte (Anlage 3.2) dargestellt ist.

Es zeigt stark vereinfacht einen bis zu dreischichtigen Aufbau:

¹ Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial ("VwV Bodenverwertung") vom 14. März 2007

² Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung V. v. 09.07.2021 BGBl. I S. 2598

- Zuoberst liegen im gesamten untersuchten Areal künstliche Auffüllungen, die im Zusammenhang mit der bestehenden Bebauung und großflächigen Geländemodellierungen aufgebracht wurden. In Anlage 1.3 ist die Höhenflurkarte von 1899 mit den Erkundungspunkten und dem geplanten Luftrettungszentrum dargestellt.

Entsprechend der Höhenflurkarte fiel das Gelände im untersuchten Bereich relativ gleichmäßig von etwa 450 mNHN im Westen auf 442 mNHN im Osten ab (Anlage 1.3). Die ursprüngliche Geländeoberfläche lag demnach knapp 1 m im Westen und bis zu 7 m im Osten unter der heutigen Geländeoberfläche.

Die Auffüllungen bestehen – abgesehen von den Pflastersteinbefestigungen mit zugehörigen Tragschichten im Bereich der Wege und den Rasengittersteinen im Bereich der Feuerwehrezufahrten – im Wesentlichen aus braunen graubraunen und rotbraunen, tonigen Schluffen und schluffigen Tonen mit eingelagerten, meist kiesgroßen Kalksteinen, Dolomitsteinen und lokal Betonbrocken in wechselnder Häufigkeit. Vereinzelt waren auch Ziegelbröckchen und Schlackereste eingelagert. In BK 2 wurde in einer Tiefe von 0,9 m bis 1,8 m unter Gelände Beton angetroffen, der vermutlich im Zusammenhang mit dem Teich bzw. den zahlreichen Leitungen und Schächten im Umfeld der Bohrung steht. Bei dem aufgefüllten Bodenmaterial handelt es sich überwiegend aus Knollenmergelmaterial- und untergeordnet Hanglehm/Lösslehm-Material, welches vermutlich aus Bauvorhaben in der näheren Umgebung stammt und hier zur Geländemodellierung aufgebracht wurde, was die Abgrenzung zum darunter folgenden natürlich anstehenden Knollenmergel erschwert.

Die Konsistenz ist vorherrschend steif, steif bis halbfest und halbfest untergeordnet auch weich (BS 2).

In Bohrung BK 1, die vermutlich noch im ehemaligen Arbeitsraum der Schwimmhalle liegt, waren dem Material deutlich mehr Fremdbestandteile wie Beton und Ziegelbrocken beigemischt.

- Darunter folgt direkt der so genannte Knollenmergel (Trossingen-Formation, kmTr) des Mittleren Keupers. Er besteht aus überwiegend violett- und rotbraunem, violettgrauem, untergeordnet auch grüngrauem und grauem, fast gänzlich ungeschichtetem Schlufftonstein. Seinen Namen erhält der Knollenmergel durch lagenweise gehäuft eingeschaltete Dolomit- und Kalksteinknollen. Stellenweise können auch dünne Sandsteinlagen vorhanden sein.

Der Schlufftonstein ist im erkundeten Abschnitt auf den oberen etwa 2 m bis 5 m vollständig zu teils schwach feinsandigem, schwach bis stark tonigem Schluff von vorherrschend steifer bis halbfester und halbfester Konsistenz zersetzt und in Anlehnung an DIN EN ISO 14589 den Verwitterungsstufen VS4 und VS5 (vollständig verwittert und zersetzt) zuzuordnen.

Darunter ist der Schlufftonstein von außerordentlich geringer einaxialer Druckfestigkeit

und noch zum Teil zu halbfestem und festem Schluff zersetzt (VS3).

Die Mächtigkeit des Knollenmergels nimmt von rund 13 m im Westen auf 1 m bis 2 m nach Osten hin ab.

Die Oberfläche des Knollenmergels fällt in guter Übereinstimmung mit der ehemaligen Geländeoberfläche (Anlage 1.3) von rund 450 mNHN im Westen auf 442 mNHN im Osten ab. Vermutlich wurde vor Aufbringung der Geländeauffüllung nur der alte Oberboden abgetragen.

Die Schichten des Knollenmergels sind generell als stark rutschgefährdet bekannt. Ihr hoher Gehalt an quellfähigen Tonmineralen führt bei Durchfeuchtung mit Niederschlags- oder Grundwasser zu starken Quellungen, wodurch der ursprünglich feste Gesteinsverband völlig zerstört und entfestigt wird. Die Bildung von tiefen Trockenrissen im Sommer kann bei nachfolgenden Niederschlägen zu einer intensiven und tiefreichenden Durchfeuchtung der aufgewitterten Schlufftonsteine führen und die Bildung von Rutschflächen begünstigen bzw. potentielle Gleitflächen (re)aktivieren und so Rutschungen auslösen. Meist liegen die Gleitflächen im Knollenmergel an der Untergrenze des zu Boden verwitterten, tonig-schluffigen Bereichs, welcher die nur schwach verwitterten Schlufftonsteine überlagert. Die Gleitflächen können aber auch darüber und darunter vorhanden sein.

Häufig sind sie nur millimeterdünn, so dass sie in Baugrunderkundungsaufschlüssen wie Klein- und Kernbohrungen auf Grund der verfahrensbedingt gestörten Probenqualität nur unzureichend oder gar nicht erkannt werden können.

Bereits vorhandene oder potentielle Rutschflächen können, auch schon bei geringen baulichen Eingriffen, an Knollenmergelhängen (re)aktiviert werden, weshalb bei derartigen Maßnahmen besondere Vorsicht geboten ist.

Anzeichen für solche Rutschungen konnten hier allerdings nicht erkannt werden. Auch liegt das untersuchte Areal nach der Ingenieurgeologischen Gefahrenhinweiskarte von Baden-Württemberg und der Geologischen Karte nicht in einer als Rutschungsgebiet ausgewiesenen Fläche.

- In Tiefen von etwa 13 m unter Gelände im Westen und rund 8 m bis 9 m im Osten folgt darunter der Stubensandstein (Löwenstein-Formation, kmLw) des mittleren Keupers: eine Wechselfolge von beigegelben bis weißgrauen und rotbraunen Fein- bis Grobsandsteinen sowie violettgrauen und violettbraunen, untergeordnet grüngrauen oder grüngraufleckigen, mehr oder weniger sandflaserigen Schlufftonsteinen.

Der Stubensandstein setzt hier mit einer rund 3 m bis 4 m mächtigen Sandsteinfoolge mit überwiegend geringer bis hoher Druckfestigkeit und in der Mächtigkeit stark variierenden, bis zu 80 cm mächtigen Schlufftonsteinzwischenlagen ein. In Anlehnung an die DIN EN ISO 14 689 sind die Sandsteine der Verwitterungsstufe VS1 (schwach verwittert) zu zuordnen. In den Bohrungen fallen sie als Kernstücke von 5 cm bis 100 cm Länge an

Darunter folgt bis zur erbohrten Endtiefe von 22 m unter Gelände überwiegend feinsandiger bis sandflaserige Schlufftonstein, der bereichsweise in einen schluffigen Feinsandstein übergeht. Die einaxiale Druckfestigkeit ist vorherrschend außerordentlich gering bis sehr gering, untergeordnet ist er auch z.T. zu Schluff zersetzt (VS1/VS2, untergeordnet VS3).

Entsprechend der Entstehungsgeschichte der Stubensandstein-Schichten als Schüttungskegel von periodisch auftretenden Flutwellen halten die Sandsteinbänke auch auf kurze Entfernung bezüglich Kornzusammensetzung und Mächtigkeit nicht durch, sodass sie sich einzelne Bänke oft selbst in benachbarten Bohrungen nicht parallelisieren lassen. Bedingt durch wechselnde und unterschiedlich widerstandsfähige Bindemittel können sie unterschiedlich stark verwittert sein.

Die Oberfläche des Stubensandsteins steigt im Baufeld von knapp 436 mNHN im Westen auf 439 mNHN im Osten an (Anlage 3.2). Seine Mächtigkeit beträgt insgesamt rund 55 m bis 60 m. Er setzt sich hier also noch etwa 40 m zur Tiefe hin fort.

5 Grundwasser

Alle Kernbohrungen wurden auf den oberen 5,6 m (BK 4) bis 8,5 m (BK 3) trocken gerammt und danach auf ein Rotationsbohrverfahren mit Spülhilfe umgestellt. Bis zur Umstellung des Bohrverfahrens blieben alle Bohrlöcher trocken. Nach Verwendung der Wasserspülung können keine direkten Grundwasserzutritte mehr festgestellt werden.

Die nach Bohrende in den Kernbohrungen gemessenen Wasserstände sind zusammen mit den in den Kleinbohrungen gemessenen Wasserständen in Tabelle 1 zusammengestellt.

Bohrung	BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BS 1	BS 2
Datum 2024	17.04.	23.04.	15.04.	18.04.	21.03.	21.03.
Wasserstand						
[m u. Gel]	8,05	9,07	19,30	7,45	8,70	6,13
mNHN	442,05	437,38	430,46	440,04	440,85	441,99

Tabelle 1: Grundwasserstände während der Erkundung

In BS 3 A wurde bis zur Endtiefe von 9,0 m u. Gel. (= 440,43) kein Wasser angetroffen. Die gemessenen Wasserstände lassen sich nicht in ein einheitliches, sinnvolles Niveau einfügen. Bei den in Kernbohrungen gemessenen Wasserständen handelt es sich vermutlich nicht um

die Ruhewasserspiegel, da die Wartezeit dafür zu gering war. Sehr wahrscheinlich handelt es sich zudem auch nur um in den verrohrten Bohrungen verbliebenes Spülwasser, das in dem meist sehr undurchlässigen Boden nur sehr langsam am Bohrlochfuß versickern kann.

In der nordwestlich des Baufeldes für den Neubau der Notaufnahme abgeteufte Bohrung BK 5 wurde nach Bohrende ein Wasserstand von 8,5 m unter Gelände eingemessen. Die Bohrung war, nachdem sie 12 Tage unverrohrt offen stehen gelassen wurde, trocken.

Nach den Bohrmeisteraufzeichnungen traten in den Kernbohrungen in Tiefen von 9 m bis 16 m unter Gelände bis zu 100 % Spülwasserverluste bei Erreichen der Sandsteinfole des Stubensandsteins auf. Ausnahme ist BK 1, hier trat der Spülwasserverlust bereits in einer Sandsteinlage innerhalb des Knollenmergels auf. Ob die Sandsteinfole des Stubensandsteins über kleinräumige Schichtwasserführungen hinaus grundwasserführend ist, kann nicht abschließend geklärt werden. Dagegen sprechen allerdings die im Niveau von etwa 435 mNHN bis 436 mNHN liegenden Straßenhöhen der Schnarrenbergstraße im Osten und der Elfriede-Aulhorn-Straße im Süden, die hier in den ursprünglichen Hang bis unter das Niveau der Sandsteinfole einschneiden.

In den Kleinbohrungen BS 1 und BS 2 wurde Grundwasser in dünnen Sandsteinlagen innerhalb des Knollenmergels in Tiefen von 8,6 m u. Gel. (BS 1) und 6,13 m u. Gel. (BS 2) angetroffen und stieg in BS 2 nach einer 3 stündigen Wartezeit auf 5,35 m u. Gel. an. In BS 3 A wurde bis zur Endtiefe von 9 m u. Gel. (=440,43 mNHN) kein Wasser angetroffen.

Aus den 1994 für den Bau des Bettenhauses durchgeführten Untersuchungen ergibt sich ebenfalls kein klares Bild über die Grundwasserverhältnisse. Hier wurde aber in einigen Bohrungen, ebenfalls in geringmächtigen Sandlagen, in unterschiedlichen Tiefen innerhalb des Knollenmergels z.T. gespanntes Grundwasser angetroffen und Wasserstände von 2,77 m u. Gel. bis 5,75 m u. Gel. eingemessen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass weder in den Schichten des Knollenmergels noch im Stubensandstein ein großräumig zusammenhängender Grundwasserkörper ausgebildet ist. Ab Tiefen von etwa 6 m unter Gelände ist mit vermutlich gering ergiebigen Schichtwasserführungen innerhalb der dünnen Sandlagen des Knollenmergels zu rechnen.

Im Zuge der 1994 durchgeführten Erkundung wurde dem Grundwasser eine Wasserprobe entnommen auf Betonaggressivität nach DIN 4030 analysiert. Die Grundwasserprobe ist nach DIN 4030 bzw. DIN EN 206-1 chemisch als nicht betonangreifend einzustufen.

6 Schadstoffsituation

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden chemische Untersuchungen von den in Abschnitt 3 genannten Bodenproben im Hinblick auf eine orientierende abfallrechtliche Einstufung durchgeführt.

Einzelheiten der Probenahmen der Einzelproben bzw. die Probenahmepunkte sind im Lageplan (Anlage 1.2) und in den Schichtenverzeichnissen (Anlage 2) dokumentiert.

Im Hinblick auf die Verwertung des Bodenaushubs wurden Einzelproben aus den Auffüllungen und den geogenen Böden (Knollenmergel und Stubensandstein) ausgewählt, schichtbezogene Mischproben zusammengestellt und auf den Umfang der VwV Bodenverwertung untersucht. Außerdem wurden alle Mischproben auf den Ergänzungsumfang der EBV, der Materialklasse BM-0* (Auffüllung) und der Materialklasse BM-0 (geogene Böden) untersucht. Die Aufteilung dieser Mischproben ist in Tabelle 1 (Auffüllungen) und Tabelle 2 (geogene Böden) aufgelistet.

Die Einzelergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in den beigefügten S&P-Auswertetabellen (Anlagen 5.1 und 5.2) und in den Prüfberichten des chemischen Labors (Anlage 5.3) dokumentiert und in nachfolgenden Tabellen zusammenfassend bewertet.

Probenbezeichnung/ Tiefenbereiche	Bodenart	Einstufung nach VwV	Maßgeblich für die Einstufung
"MP 1 Auffüllung" BK 1: 0,00 – 3,60 m BK 3: 0,00 – 0,80 m	Lehm/ Schluff	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten
"MP 2 Auffüllung" BK 4: 0,00 – 2,30 m BS 1: 0,10 – 3,50 m BS 2: 0,30 – 4,40 m	Lehm/ Schluff	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten
"MP 3 Auffüllung" BK 2: 0,20 – 0,80 m BS 3: 0,20 – 2,50 m BS 3A: 0,30 – 2,30 m	Lehm/ Schluff	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten
"MP 3 Auffüllung" BK 2: 0,90 – 7,00 m BS 3A: 2,30 – 6,00 m	Lehm/ Schluff	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten
"MP 5 Knollenmergel, vollst. verw. bis zersetzt" BK 3: 3,0; 5,0; BK 4: 6,0; 8,0; BS 1: 5,00 - 8,70 BS 2: 5,00 - 9,00	Lehm/ Schluff	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten
"MP 6 Knollenmergel, mäßig bis stark verw." BK 1: 10,0; 11,0; 12,0 BK 3: 9,0; 10,0, 13,0 BK 4: 7,0; 9,0	Ton	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten
"MP 7 Stubensandstein" BK 1: 14,85 – 14,95 BK 1: 15,90 - 16,00 BK 1: 18,0; 22,0 BK 2: 11,55 – 11,70 BK 2: 14,30 – 14,40 BK 2: 17,00 – 17, 15 BK 2: 19,70 - 19,80 BK 2: 21,20 - 21,30 BK 3: 13,85 – 13,95 BK 3: 16,10 – 16,20 BK 3: 17,8; 19,1 BK 4: 10,25 – 10,45 BK 4: 11,35 – 11,45 BK 4: 14,0; 15,0; 16,0; 17,0	Lehm/ Schluff	Z 0	Alle Zuordnungswerte für Z 0 eingehalten

Tabelle 2: Mischproben aus den Auffüllungen (mineralische Fremdbestandteilen < 10%) und aus den geogenen Böden mit orientierender Einstufung nach VwV Bodenverwertung

Probenbezeichnung/ Tiefenbereiche	Bodenart	Einstufung nach EBV	Maßgeblich für die Einstufung
"MP 1 Auffüllung" BK 1: 0,00 – 3,60 m BK 3: 0,00 – 0,80 m	Lehm/ Schluff	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten
"MP 2 Auffüllung" BK 4: 0,00 – 2,30 m BS 1: 0,10 – 3,50 m BS 2: 0,30 – 4,40 m	Lehm/ Schluff	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten
"MP 3 Auffüllung" BK 2: 0,20 – 0,80 m BS 3: 0,20 – 2,50 m BS 3A: 0,30 – 2,30 m	Lehm/ Schluff	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten
"MP 3 Auffüllung" BK 2: 0,90 – 7,00 m BS 3A: 2,30 – 6,00 m	Lehm/ Schluff	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten

Tabelle 3: Mischproben aus den Auffüllungen mit mineralischen Fremdbestandteilen < 10% mit orientierender Einstufung nach EBV, Anl. 1, Tab. 1 und 3, untersuchte Parameter der Materialklasse BM-0* im Feststoff und 2:1 Schütteleuat

Probenbezeichnung/ Tiefenbereiche	Bodenart	Einstufung nach EBV	Maßgeblich für die Einstufung
"MP 5 Knollenmergel, vollst. verw. bis zersetzt" BK 3: 3,0; 5,0; BK 4: 6,0; 8,0; BS 1: 5,00 - 8,70 BS 2: 5,00 - 9,00	Lehm/ Schluff	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten
"MP 6 Knollenmergel, mäßig bis stark verw." BK 1: 10,0; 11,0; 12,0 BK 3: 9,0; 10,0, 13,0 BK 4: 7,0; 9,0	Ton	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten

Probenbezeichnung/ Tiefenbereiche	Bodenart	Einstufung nach EBV	Maßgeblich für die Einstufung
"MP 7 Stubensandstein"	Lehm/ Schluff	BM-0	Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten
BK 1: 14,85 – 14,95			
BK 1: 15,90 - 16,00			
BK 1: 18,0; 22,0			
BK 2: 11,55 – 11,70			
BK 2: 14,30 – 14,40			
BK 2: 17,00 – 17, 15			
BK 2: 19,70 - 19,80			
BK 2: 21,20 - 21,30			
BK 3: 13,85 – 13,95			
BK 3: 16,10 – 16,20			
BK 3: 17,8; 19,1			
BK 4: 10,25 – 10,45			
BK 4: 11,35 – 11,45			
BK 4: 14,0; 15,0; 16,0; 17,0			

Tabelle 4: Mischproben aus den geogenen Böden mit orientierender Einstufung nach EBV, Anl. 1, Tab. 3, untersuchte Parameter der Materialklasse BM-0 im Feststoff und 2:1 Schütteleluat

Zusammenfassung und Hinweise für die Bauausführung: Die vorliegenden Untersuchungen und daraus resultierenden Einstufungen haben orientierenden Charakter.

Die Auffüllungen (MP 1 bis MP 4) halten die Zuordnungswerte der Qualitätsstufe Z 0 der VwV Bodenverwertung und die Materialwerte der Materialklasse BM-0 der EBV ein.

Die natürlich anstehenden Böden, Verwitterungsschluffe und -sande des Knollenmergel und Stubensandstein (MP 5 bis MP 7), sind ebenfalls in die Qualitätsstufe Z 0 der VwV Bodenverwertung und in die Materialklasse BM-0 der EBV einzustufen.

Fällt Bodenaushub an, der nicht innerhalb der Baumaßnahme verwertet werden kann, empfehlen wir, diesen auf Haufwerken zwischenzulagern (empfohlene Chargengröße bis 500 m³) und baubegleitende Beprobungen, Untersuchungen und Einstufungen durchzuführen. Zwischenlagerungsflächen für Aushub sollten daher gegebenenfalls eingeplant werden. Dabei sollte insbesondere auf eine getrennte Lagerung von Bodenmaterial bis 10 % Fremdbestandteile oder mit 10 % bis 50 % Fremdbestandteile geachtet werden, um eine möglichst hohe Verwertungsquote zu erreichen.

Die Untersuchungen erfolgten an Proben, die aus zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen entnommen wurden. Naturgemäß können insbesondere in den künstlichen Auffüllungen Abweichungen in der Zusammensetzung oder auch Beimengungen von höheren Anteilen an mineralischen und nichtmineralischen Fremdbestandteilen, und damit ggf. auch veränderte abfalltechnische Einstufungen nicht ausgeschlossen werden.

Gemäß §17 der Ersatzbaustoffverordnung sind die Erzeuger oder Besitzer von nicht aufbereitetem Bodenmaterial und nicht aufbereitetem Baggergut - das in ein technisches Bauwerk eingebaut werden soll – verpflichtet, die Untersuchungsdokumente (das Probenahmeprotokoll, die Untersuchungsergebnisse, die Bewertung der Untersuchungsergebnisse sowie die Klassifizierung) ab dem Tag der Ausstellung der Dokumente fünf Jahre aufzubewahren.

7 Eigenschaften von Böden und Fels

Boden- und felsmechanische Versuche sind erforderlich, um die angetroffenen Böden und Gesteine mit Hilfe objektiver Vergleichswerte boden- und felsmechanisch zu klassifizieren und charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen festlegen zu können.

- Feldversuche (Abschnitt 7.1): Bohrlochrammsondierungen (BDP) sowie
- Laborversuche (Abschnitt 7.2): Wassergehalte, Punktlastversuche, einaxiale Druckversuche und Abrasionsversuche.

Die Versuche erlauben, qualitative und quantitative Unterschiede der Baugrundeigenschaften zu erfassen. Zur Darstellung der Tiefenabhängigkeit sind sie teilweise in die Schichtenprofile (Anlage 2.1) und die geologischen Geländeschnitte (Anlage 3.1) eingearbeitet.

Die Klassifikationen und charakteristischen Kennwerte sind in Abschnitt 7.3 zusammengestellt. Die Einteilung in Homogenbereich wird in Abschnitt 7.4 vorgenommen.

7.1 Ergebnisse der Feldversuche

Bohrlochrammsondierungen geben über den gemessenen Eindringwiderstand über die für 30 cm Eindringung gemessenen Schläge N_{30} einen Anhalt über die Lagerungsdichte nichtbindiger Böden sowie über die Konsistenz bzw. undrained Scherfestigkeit bindiger Böden.

Der Knollenmergel und die Auffüllungen sind bindig geprägt. Für feinkörnige, gewachsene Böden sind nach LAMBE & WHITMAN (1969), MAINE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION; Geotechnical Section (2008) sowie gemäß DIN 4094-1 in Tabelle 5 Zusammenhänge zwischen der Konsistenz bindiger Böden mit der undrainierten Scherfestigkeit c_u und dem Spitzendruck q_c der Drucksonde (CPT) sowie N_{30} der Bohrlochrammsondierung (BDP) zusammengestellt. Für den Spitzendruck q_c wurde ein totaler Überlagerungsdruck von 100 kN/m² zu Grunde gelegt und nach der Plastizität der Böden gemäß DIN 18 196 unterschieden. Hinsichtlich der Plastizität siehe Abschnitt 7.2.

Konsistenz	undrännierte	Spitzendruck q_c in [MN/m ²]			Schlagzahl
	Scherfestigkeit				BDP
	c_u [kN/m ²]	TL	TM	TA	N_{30}
breiig	< 20	< 0,3	< 0,4	< 0,5	< 2
weich	20 - 60	0,3 – 0,7	0,4 – 1,0	0,5 – 1,3	2 - 6
steif	60 - 200	0,7 – 2,1	1,0 – 3,1	1,3 – 4,1	6 – 15
halbfest	> 200	2,1 – 4,1	3,1 – 6,1	4,1 – 8,1	15 – 30
fest	> 400	> 4,1	> 6,1	> 8,1	> 30

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen der Konsistenz bindiger Böden mit der undrännierten Scherfestigkeit c_u und dem Spitzendruck q_c der Drucksonde (DS) sowie N_{30} des Standard-Penetration-Tests (BDP).

In den Auffüllungen wurden bei zwei Versuchen Schlagzahlen von $N_{30} = 57$ und 61 ermittelt. Dies entspricht fester Konsistenz. Im Knollenmergel lagen die Schlagzahlen in den vier Versuchen im Bereich von $51 \leq N_{30} \leq 60$, was ebenfalls auf feste Konsistenz bzw. sehr mürbe Gesteinsqualität schließen lässt, siehe Tabelle 7, Abs. 7.2. Die Feldansprache weist vor allem in den Auffüllungen etwas geringere Konsistenzen auf.

7.2 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Im Knollenmergel wurde der natürliche Wassergehalt w_n an 23 Proben bestimmt und lag in einer Bandbreite zwischen 5 % und 29 %, im Mittel bei 15,1 %. Der höchste Wassergehalt ist nur einmal aufgetreten und stellt einen Ausreißer im Bereich von mindestens zeitweise wasserführenden sandigen Zwischenlagen dar. In den Laborversuchen für Bauteil 4 wurde der Knollenmergel als TL/TM mit einer Plastizitätszahl $I_p = 18,7\%$ klassifiziert.

Die Punktlastversuche wurden an Kernstücken aus dem Sandstein des Stubensandsteins sowohl in axialer (Form b, stehender Zylinder) als auch in diametraler Richtung (Form a, liegender Zylinder) ausgeführt. Die Tonsteinproben aus dem Knollenmergel haben sich dafür nicht geeignet. Der Versuch ist ein Indexversuch zur Abschätzung der Gesteinsdruckfestigkeit σ_u , bei dem ein Festgesteinsstück in einem hydraulischen Prüfgerät zwischen zwei abgestumpften Kegelspitzen bis zum Trennbruch belastet wird. Durch die Beziehung zwischen Bruchlast und Bruchfläche ergibt sich der Punktlastindex i_s . Über eine Größenkorrektur auf $i_{s(50)}$ bezogen, wird eine Vergleichbarkeit mit anderen Proben ermöglicht.

Um aus dem ermittelten Punktlastindex $i_{s(50)}$ die einaxiale Druckfestigkeit σ_u abzuleiten, ist der Umrechnungsfaktor c gesteinspezifisch zu ermitteln:

$$\sigma_u = c \cdot i_{s(50)}$$

Im Folgenden haben wir die Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit aus den Punktlastversuchen für den Sandstein mit dem Faktor $c = 15$ vorgenommen. Diesen haben wir anhand der Ergebnisse der durchgeführten einaxialen Druckversuche ermittelt.

Die Punktlastversuche an den Sandsteinproben ergaben außerordentlich geringe Druckfestigkeiten bis mäßig hohe und sehr hohe Druckfestigkeiten. Die Verteilung der Druckfestigkeiten ist in Abbildung 1 dargestellt.

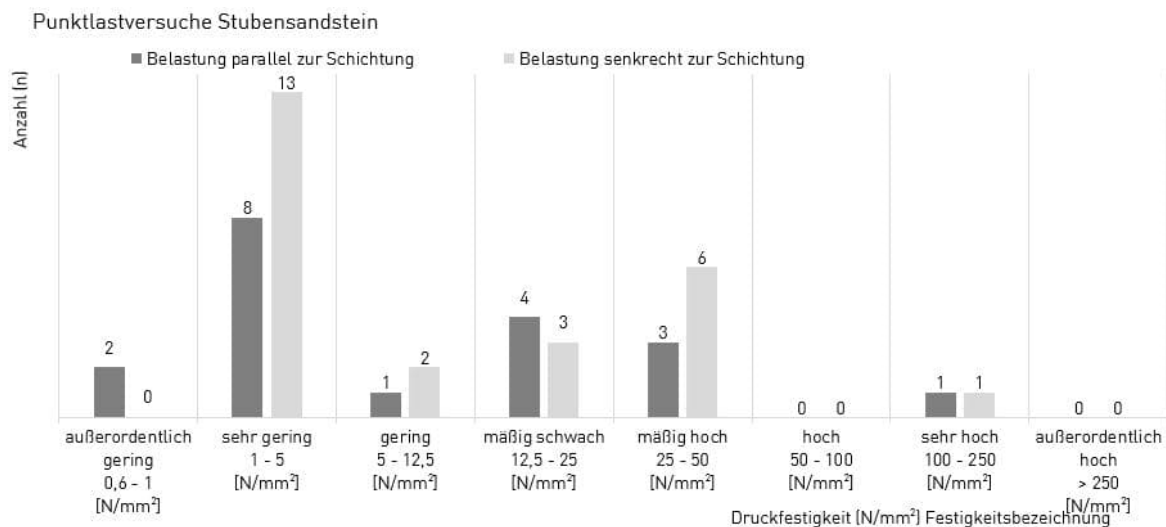


Abbildung 1: Punktlastfestigkeit des Sandsteins

An zwei Kernstücken aus dem Stubensandstein wurde die Festigkeit im einaxialen Druckversuch ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Bohrung	Tiefe	Geologie	Gestein	Trockendichte	einaxiale Druckfestigkeit	E-Modul
	[m]			[g/cm³]	[MPa]	[GPa]
BK2	11,55-11,70	kmLw	Sst	2,32	30,8	19,2
BK4	12,60-12,75	kmLw	Sst	2,34	20,8	8,1

Tabelle 6: Einaxiale Druckversuche an Gesteinsproben aus dem Stubensandstein (kmLw)

Die Ergebnisse der einaxialen Druckversuche zeigen überwiegend mäßig schwache bis mäßig hohe Druckfestigkeiten und liegen etwa im oberen Mittelfeld der Gesteinsfestigkeit, wie sie auf Grundlage der Punktlastversuche ermittelt wurde.

Für die Beschreibung von Fels in der Geotechnik gilt die DIN EN ISO 14 689-1³. In Tabelle 7 sind die Bezeichnungen der DIN EN ISO 14 689-1 mit den zugehörigen Festigkeitsbereichen aufgeführt. Vergleichend dazu sind die Festigkeitseinteilungen nach der IAEG-Empfehlung⁴ und der DIN 1054:2010-12⁵ dargestellt, da diese Bezeichnungen in den Bohrprofilen der früheren Untersuchungen in der Nähe noch angegeben sind.

DIN EN ISO 14 689-1		IAEG-Empfehlung		DIN 1054:2010-12 ¹⁾	
Bezeichnung	Druckfestigkeit (N/mm ²)	Bezeichnung	Druckfestigkeit (N/mm ²)	Bezeichnung	Druckfestigkeit (N/mm ²)
außerordentlich gering	< 1			sehr mürb	< 1,25
sehr gering	1 – 5	gering	1,5 – 15	mürb	1,25 - 5
gering	5 – 25			mäßig mürb	5 – 12,5
mäßig hoch	25 – 50	mäßig	15 – 50	mäßig hart	12,5 – 50
hoch	50 – 100	fest	50 – 120	hart	50 - 100
sehr hoch	100 – 250	sehr fest	120 – 230	sehr hart ²⁾	> 100
außerordentlich hoch	mehr als 250	extrem fest	mehr als 230		

¹⁾ Für die Ermittlung von Bemessungssohlrücken für Flächenfundamente auf Fels

²⁾ Gesteinsfestigkeiten > Betondruckfestigkeiten sind für Flächengründungen nicht relevant

Tabelle 7: Klassifikation und Bezeichnung der Gesteine nach der einaxialen Druckfestigkeit

Die Bestimmung der Abrasivität an den zwei Gesteinsproben, an denen auch die einaxiale Druckfestigkeit bestimmt wurde, ist in Tabelle 8 in einer Ergebnisübersicht zusammengestellt.

³ DIN EN ISO 14689-1:2011-06 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels , Teil 1: Benennung und Beschreibung

⁴ Matula, M, Rock and Soil Description for Engineering Geological Mapping; reported by IAEG Commission an Engineering Geological Mapping. Bull. IAEG 24 (1981), pp. 235-274

⁵ DIN 1054:2010-12 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, Abschnitt A 6.10.4

Bohrung	Tiefe	Geologie	Gestein	Abrasivitätsindex	Einstufung
	m			CAI	
BK2	11,55-11,70	kmLW	Sst	2,2	mittel
BK4	12,60-12,75	kmLW	Sst	1,5	niedrig

Tabelle 8: Abrasivität von Gesteinsproben aus dem Stubensandstein (kmLw)

Die Ergebnisse der Abrasivitätsversuche liegen in der erwarteten Bandbreite, siehe auch Tabelle 10.

In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass bei Punktlastversuchen häufig höhere Gesteinsdruckfestigkeiten ermittelt werden als bei großformatigen einaxialen Druckversuchen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass im Vergleich zur Gesteinsfestigkeit die Gebirgsfestigkeit durch die in den Bohrprofilen beschriebene Klüftigkeit und Schichtung deutlich herabgesetzt wird.

Die Laborergebnisse bestätigen damit im Wesentlichen die manuelle Ansprache der Proben im Feld nach DIN 4022.

7.3 Klassifikation und charakteristische Kennwerte

Anhand der Bodenansprache im Gelände, der diskutierten Ergebnisse der Feld- und Laborversuche sowie unseren Erfahrungen mit bodenmechanisch bzw. felsmechanisch gleichartigen Böden und Fels kann der angetroffene Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch charakteristische Kennwerte für statische Untersuchungen beschrieben werden (Tabelle 9):

geol. Bezeichnung	Auffüllungen	Knollenmergel	Stubensandstein	
Konsistenz (vorherrschend)	steif-halbfest	halbfest-fest	-	-
Lagerungsdichte	-	-	-	-
Gesteinsfestigkeit (DIN 1054)	-	-	außerordentlich gering-sehr gering	gering-mäßig hoch
Verwitterungsstufe (DIN EN ISO 14 689-1)	-	-	VS2-VS4	VS1-VS3
Klassifikationen				
Bodengruppe (DIN 18 196)	A [TL,TM (X;Y) ¹⁾]	TL, TM	UTst	Sst, UTst
Bodenklasse (DIN 18 300)	4,6 ¹⁾	4	6	6,7
Frostempfindlichkeit	groß	sehr	mittel	gering
Klasse nach ZTV E-StB 09	F3	F3	F2	F1
Schrumpfgefahr	mittel	mittel	gering	keine
charakt. Kennwerte				
Wichte γ [kN/m ³]	19	20	21	23
Reibungswinkel φ' [°]	25	20	20 ²⁾	30
Restscherfestigkeit ³⁾ φ_r' [°]		13,5 ³⁾		
Kohäsion c' [kN/m ²]	<8	15	40 ²⁾	50
Restscherfestigkeit ³⁾ c_r' [°]		0 ³⁾		
Steifemodul E_s [MN/m ²] für Spannungsbereich 50-350 kN/m ²	<10	15	40 ²⁾	100

¹⁾ gilt für Steine und Blöcke, Bauwerksreste und dergleichen, die in den Auffüllungen vorhanden sein können

²⁾ nur im bergfrischen "trockenen" Zustand, daher Wasserzutritte unbedingt vermeiden

³⁾ Restscherfestigkeit: siehe nachfolgende Erläuterung

Tabelle 9: Klassifikationen und charakteristische Kennwerte

Abschließend gehen wir auf die speziellen Eigenschaften des Knollenmergels ein, die für bestimmte geotechnische Situationen sehr problematisch sein können. Wie in den auf dem Klinikgelände vorliegenden Altgutachten bereits erläutert, kann beim Knollenmergel aufgrund der unregelmäßigen Anordnung der Tonminerale sehr schnell Wasser in die Porenräume eindringen. Dies führt neben ausgeprägtem Quellen zu einem starken Verlust der Festigkeit und Anstieg der Zusammendrückbarkeit. Diese negative Eigenschaft macht den Knollenmergel vor allem durch Hangrutschungen bekannt. Von Hangrutschungen ist bekannt, dass sich der Knollenmergel bei Verschiebungen stark entfestigt. Hieraus ergeben sich für die Restscherfestigkeiten erheblich geringere Reibungswinkel als am Spannungsmaximum. In aufgeweichten oder bereits gerutschten Zonen darf daher nur eine sehr geringe Restscherfestigkeit angesetzt werden. Für Berechnungen der Standsicherheit von Böschungen im

Knollenmergel, insbesondere im oberflächennahen Verwitterungsbereich, empfehlen wir einen Restscherfestigkeits-Parameter von $\varphi_r' = 13,5^\circ$ / $c_r' = 0$ anzusetzen. Dieser Wert ist nicht für den gesamten potentiellen Bruchkörper, sondern nur für etwa gelände- bzw. schichtparallel geneigten Prüfflächen anzusetzen, analog der in der Felsmechanik angenommenen Trennflächenkinematik und -statik. Für die restlichen Bereiche der zu untersuchenden Bruchkörper gelten die in der Tabelle genannten Scherparameter $\varphi' = 20^\circ$ / $c' = 15$ kN/m².

Im Gegensatz dazu liegt beim hier behandelten Bauteil unter den oberflächennah zu Schluff verwitterten Bereichen, mindestens sehr mürber Knollenmergel in einer deutlich besseren Qualität vor. Zum Erhalt dieser Qualität sind daher jedoch Wasserzutritte unter allen Umständen zu vermeiden.

7.4 Erdbebengefährdung

Das Baugrundstück liegt nach DIN 4149:2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen, hier für Baden-Württemberg, in Erdbebenzone 3. Die hier maßgebende Untergrundklasse ist R, die Baugrundklasse B.

Aktuelle (bautechnisch eingeführte) Festlegung: Das Baugrundstück liegt nach der derzeit noch in Baden-Württemberg maßgebenden DIN 4149:2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen, in Erdbebenzone 3 mit der Referenzbeschleunigung bei $a_g = 0,80$ m/s².

In den Nachweisen ist der Untergrundparameter S unter Berücksichtigung der Untergrundklasse R und der Baugrundklasse B zu berücksichtigen. Dieser ergibt sich damit zu $S = 1,25$.

Die maximale Ordinate des elastischen Antwortspektrums S_e mit $\beta = 2,5$ ergibt sich demnach für die hier maßgebliche Bedeutungskategorie IV (Krankenhaus) mit Bedeutungsbeiwert $\gamma_I = 1,4$ zu

$$S_e = a_g \cdot \beta \cdot \gamma_I \cdot S = 0,80 \cdot 2,5 \cdot 1,4 \cdot 1,25 = 3,5 \text{ m/s}^2.$$

Künftige Regelung: Der nationale Anhang zum Eurocode EC 8 (DIN EN 1998-1/NA) liegt mit Stand Juli 2021 vor. Nach Einführung wird diese Norm die DIN 4149:2005-04 mit den regionalen Karten der Erdbebenzonen für die einzelnen Bundesländer ersetzen.

Wir haben daher den Einfluss der Vorgaben der DIN EN 1998 einschl. des zugehörigen nationalen Anwendungsdokuments für die Dimensionierung im Lastfall Erdbeben geprüft.

In DIN EN 1998-1/NA:2021-07 erfolgt eine Neueinschätzung der Erdbebengefährdung in Deutschland und somit auch am Projektstandort in Tübingen. Maßgebend wird hier Untergrundklasse R.

Entsprechend der interaktiven Darstellung zur Erdbebengefährdung am Projektstandort (<http://www-app5.gfz-potsdam.de/d-eqhaz16/>) liegt am Projektstandort (Lat: 9,04, Lon: 48,53) eine spektrale Antwortbeschleunigung für Fels im Plateaubereich von $S_{ap,r} = 2,4443 \text{ m/s}^2$ für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren vor⁶.

Die maximale Ordinate des elastischen Antwortspektrums S_e lässt sich dann für den Standort abhängig vom Bodenparameter und dem Bedeutungsbeiwert wie folgt berechnen:

$$S_e = S_{ap,R} \times S \times \gamma_I = 2,4443 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 4,11 \text{ m/s}^2 \text{ bzw. } 2,4443 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 3,82 \text{ m/s}^2$$

mit

$S_{ap,R}$: spektrale Antwortbeschleunigung für Fels im Plateaubereich nach Bild NA.1

S : Bodenparameter S für Untergrundklasse R und Baugrundklasse B ergibt sich nach Tabelle NA.2 aus DIN EN 1998-1/NA: 2021-07 zu $S = 1,2$

γ_I : Bedeutungsbeiwert nach Tabelle NA.7 aus DIN EN 1998-1/NA: 2021-07 ergibt sich zu

$\gamma_I = 1,4$ für Gebäude der Bedeutungskategorie IV (z.B. Krankenhäuser)

bzw. gemäß DIN EN 1998-2_2011-12 Tabelle NA.1 zu

$\gamma_I = 1,3$ für Brücken der höchsten Bedeutungskategorie III.

Wir empfehlen mit den prüfenden Behörden zu klären, in welchen Bauwerkstyp die Plattform fällt (Gebäude oder Brücke) und ob diese höheren Beschleunigungen zum Ansatz gebracht werden müssen.

7.5 Homogenbereiche

Nach den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) der VOB/C, Ausgabe 2019, ist der Baugrund in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Definition der Homogenbereiche sind die verfahrens- und gerätespezifischen Besonderheiten für jedes Gewerk zu berücksichtigen.

Da zum derzeitigen Stand die Art der Bebauung noch nicht bekannt ist, werden für das hier untersuchte Baufeld Homogenbereiche folgender Gewerke des Tiefbaus entsprechend den ATVs festgelegt:

- DIN 18 300, Erdarbeiten

⁶ Hinsichtlich der Zuordnung von Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen wird auf die Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg, 5. Auflage, herausgegeben von Innenministerium Baden-Württemberg, Dorotheenstrasse 6, 70173 Stuttgart, verwiesen.

- DIN 18 301, Bohrarbeiten
- DIN 18 304, Rammarbeiten.

Zur Vereinfachung von Ausschreibung, Aufmaß und Abrechnung werden die Homogenbereiche einheitlich für die erwarteten Bauverfahren festgelegt. Die Homogenbereiche sind in den nachfolgenden Tabellen anhand der Bandbreite ihrer Kennwerte definiert. Im Zusammenhang mit einer Einstufung nach umweltrelevanten Inhaltsstoffen weisen wir darauf hin, dass etwaiger Aushub spätestens vor der Abfuhr und im besten Fall vor der Ausschreibung abfalltechnisch untersucht werden muss.

Etwaig vorhandener Oberboden ist nach ATV DIN 18 320, Landschaftsbauarbeiten, unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich "O".

Homogenbereich	A	B	C
geol. Bezeichnung	Auffüllung	Knollenmergel	Stuben- sandstein
<u>Boden</u>			
Bodengruppe (DIN 18 196)	A [TL, TM, (X;Y)]	TL, TM, UTst	Sst, UTst
Stein- und Blockanteile [%] (DIN EN ISO 14 688-1)	<30(Steine) <10(Blöcke)	-	-
Lagerungsdichte (DIN 18 126)	-	-	-
Plastizitätszahl I_p (DIN 18 122-1)	10 bis 30	10 bis 30	-
Konsistenzzahl I_c (DIN 18 122-1)	0,75 bis 1,5	0,75 bis 1,5	-
Wassergehalte [%]	3 bis 35	3 bis 30	3 bis 10
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	70 bis 250	70 bis 350	-
Dichte [t/m ³]	1,8 bis 2,1	1,9 bis 2,2	2,1 bis 2,4
organische Anteile, Glühverlust [%]	< 5	< 5	-
Abrasivität LAK (NF P18-579 [g/t])	0 – 1.500	0 - 250	-
<u>Fels</u>			
Beschreibung (DIN EN ISO 14 689-1) siehe auch Abschnitt 4			
Benennung	-	UTst	Sst, UTst
Verwitterung	-	VS2 bis VS4	VS1 bis VS3
Veränderung	-	zerfallen bis zersetzt	angewittert bis zerfallen
Veränderlichkeit	-	stark veränderlich	veränderlich bis stark veränderlich
Trennflächenabstand	-	außerordentlich eng- ständig bis engständig	engständig bis weit- ständig
Gesteinskörperform	-	-	-
Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm ²] (DGGT-Empfehlung Nr. 1)	-	< 1 bis 5	<1 bis 200
CERCHAR-Abrasivitäts-Index CAI [-] (DGGT Nr. 23)	-	0 bis 1,5	0,5 bis 2,5

Tabelle 10: Homogenbereiche nach DIN 18 300, DIN 18301 und DIN 18304– Erdarbeiten, Bohrarbeiten und Rammarbeiten

8 Bautechnische Folgerungen

Für den angetroffenen und beschriebenen Baugrund können zur weiteren Planung und Herstellung des Gebäudes Empfehlungen und Hinweise

- zur vorab herzustellenden Geländeauffüllung (Abschnitt 8.1),
- zur Gründung (Abschnitt 8.2),

- zur Baugrubensicherung (Abschnitt 8.3),
 - zu den gegenseitigen Einflüssen von Grundwasser und Bauwerk (Abschnitt 8.4),
 - Hinterfüllung und Erddruck (Abschnitt 8.5) und
 - zu Verkehrsflächen und Aufbau unter Bodenplatten (Abschnitt 8.6)
- gemacht werden.

8.1 Geländeauffüllung

Für Auffüllungen zur Herstellung der Arbeitsebene für die Pfahlgründung und späteren Geländegestaltung in einer Höhe von wenigen Dezimetern bis zu knapp 4 m sowie für Hinterfüllungen von Bauwerken (siehe auch Abschnitt 8.5) empfehlen wir, hinsichtlich Materialwahl und Verdichtungsanforderungen die Regeln des Erdbaus im Straßenbau, insbesondere der ZTV E-StB in der aktuellen Fassung, zu beachten. Für die Bettung des unterirdischen Kraftstofftanks und anschließende Leitungen gelten die entsprechenden Regeln der ZTV A-StB, ebenfalls in der aktuellen Fassung.

Wir empfehlen die flächige Auffüllungen zur Geländegestaltung möglichst lange vor den Gründungsarbeiten herzustellen, damit die damit verbundenen Setzungen: Eigensackungen in den neuen und zusätzliche Setzungen in den anstehenden Auffüllungen und dem natürlich anstehenden Baugrund noch vor den Gründungsarbeiten abklingen können.

Sowohl für lagenweise einzubauendes Erdbaumaterial sowie Hinterfüllungen gilt nach ZTV E-StB 17¹ in Abhängigkeit von der Einbaulage für den Verdichtungsgrad D_{Pr} das 10 % - Mindestquantil, für den Luftporengehalt n_a das 10 % -Höchstquantil. Hieraus resultieren die in Tabelle 11 angegebenen Verdichtungsanforderungen.

Bereich	Bodengruppen	D_{Pr} in %	n_a in Vol.-%
Planum bis Aushubsohle ¹⁾	GW,GI,GE,SW,SI, SE,GU,GT,SU,ST	100 ¹⁾	-
Planum bis Aushubsohle	GU*,GT*,SU*,ST*,U,T	97	12 / 8 ²⁾

¹⁾ Abweichend von ZTV E-StB 17, Tab. 4 über die gesamte Verfülltiefe.

²⁾ Ohne Verfestigung oder qualifizierte Verbesserung sollte ein Luftporenanteil ≤ 8 % (bei veränderlich festen Gesteinen ≤ 6 %) eingehalten werden

Tabelle 11: Verdichtungsanforderungen an das Erdbaumaterial

Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der hier anstehenden Böden empfehlen wir, die Anforderungen an den Luftporenanteil generell auf $n_a \leq 8 \%$ zu begrenzen, um Sackungen langfristig zu minimieren.

Als Verfüllmaterial für Arbeitsräume kommen in Frage:

- Fein- und gemischtkörniger Aushubboden von der Baustelle oder als Fremdmaterial der in der Regel durch die Zugabe von Bindemitteln verbessert wurde.
- Grobkörniges Fremdmaterial
 - Siebschutt 0/45 mm, Feinanteil $\leq 15 \%$,
 - Korn-/Breckkorngemische der Lieferkörnung 0/32 mm bzw. 0/56 mm.

Vor dem Aufbau der großflächigen Geländeauffüllung ist der Oberboden und etwaige Bauteile abzutragen. Nach einer Abtreppung und Nachverdichtung des Untergrunds mit einer schweren Walze ist eine Verzahnung nach ZTV-E STB 17 mit dem aufzubauenden Dammkörper vorzunehmen. Anschließend kann die Geländeauffüllung als qualifizierte Bodenverbesserung und mit einer Verdichtung von $D_{pr} \geq 100 \%$ vorzunehmen. Als Schüttmaterial wird möglichst weitgestuftes grobkörniges Material 0/45 oder 0/56 mit $\leq 10 \text{ M.}\%$ Feinkornanteil empfohlen.

Gemäß Erfahrungswerte können nachfolgende Kennwerte für das qualifiziert verbesserte Füllkörpermaterial angenommen werden:

- Qualifiziert verbesserte nichtbindige Böden $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 10 \text{ kN/m}^2$,
- Qualifiziert verbesserte bindige und gemischtkörnige Böden $\varphi' = 30^\circ$ und $c' = 15 \text{ kN/m}^2$.

Bei einer qualifizierten Baugrundverbesserung des Einbaumaterials nach ZTVE-E StB 17 und Einhaltung einer Proctordichte von $D_{pr} \geq 100 \%$ sind infolge der Herstellung der rund 1 m bis zu 4 m hohen Damms Setzungen des Untergrunds (Auffüllungen mit einer Mächtigkeit von 2 m bis 4 m) in der Größenordnung von 1 cm bis 2 cm zu erwarten. Zusätzlich treten auch nach der qualifizierten Verbesserung und ordnungsgemäßen Verdichtung noch Eigen-setzungen der Auffüllungen von 0,1 % bis 0,2 % der Schütthöhe, d. h. 0,4 cm bis 0,8 cm auf. Wir empfehlen den Damm möglichst vorausseilend zu den eigentlichen Gründungsarbeiten zu errichten. Setzungen in den Auffüllungen führen zu einer zusätzlichen Beanspruchung der Gründungspfähle, siehe Abschnitt 8.2.1.

Hinsichtlich der abfalltechnischen Anforderungen an das Verfüllmaterial wird auf die Ersatzbaustoffverordnung⁷ und unsere orientierende abfallrechtliche Untersuchung der vor Ort anstehenden Böden (Abschnitt 6) verwiesen.

⁷ Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung V. v. 09.07.2021 BGBl. I S. 2598

8.2 Gründung

Da das Baugelände nach den Richtlinien für den Straßenbau, RStO 12s, in Frosteinwirkungszone I liegt, empfehlen wir eine Mindesteinbindetiefe von 0,8 m unter Gelände für flachgegründete kleinere Bauteile. Gemäß Herstellerangaben und den einschlägigen Regelwerken muss die Krone des unterirdischen Tanks ebenfalls in frostsicheren Tiefe liegen.

Das aktuelle Gelände fällt im überwiegenden Bereich flach von knapp 450 mNHN im Nordwesten auf 447 mNHN bis 448 mNHN im Südosten ab. Die frühere Geländeoberfläche (Höhenflurkarte in Anlage 1.3) zeigte einen deutlich steileren Abfall, der mit Auffüllungen abgeflacht wurde. Die dortigen Höhenlinien (dicke Höhenlinien sind in 10 m Schritten, dünne in 2,5 m Schritten) zeigen den Geländeverlauf von 1899 wobei hier das Gelände von etwa 450,5 mNN auf 441,5 mNN abfällt (altes württembergisches Höhensystem). Hiermit kann man die Auffüllmächtigkeit abschätzen, Arbeitsraumverfüllungen (z.B. bei der Schwimmhalle) führen lokal zu größeren Auffüllmächtigkeiten. Die Oberfläche des Stubensandsteins kann unserer Anlage 3.2 entnommen werden.

Nachfolgend gehen wir auf die Gründung der Landplattform, Abschnitt 8.1.1, auf der Tankstelle, Abschnitt 8.1.2 ein.

8.2.1 Landeplattform und Hangar

Unter Berücksichtigung der inhomogenen Auffüllungen kann im vorliegenden Fall eine Pfahlgründung im Knollenmergel und Stubensandstein empfohlen werden. Die tragfähigen Schichten des Knollenmergels folgen wenige Dezimeter bis 7 m unterhalb der Geländeoberkante.

Für die Pfahlgründung eignen sich hier insbesondere verroht hergestellte Bohrpfähle nach DIN 1536. Sie müssen mit schwerem Gerät hergestellt werden. Daher ist ein temporäres Bohrplanum notwendig. Die Ausbildung des Arbeitsplanums ist auf das eingesetzte Gerät abzustimmen. Für eine Mikropfahlgründung kann ein deutlich leichteres Gerät eingesetzt werden.

Die Pfähle binden vermutlich nicht in das Grundwasser ein, lediglich eng begrenzte Schichtwasservorkommen können den Pfahlbeton erreichen. Auf den Betonangriffsgrad bzw. Beton-Festlegung wird in Abschnitt 5 verwiesen: Das Ergebnis der Wasserprobe bewertet dieses als nicht betonangreifend.

Bei der Herstellung von Bohrpfählen sind die Vorgaben der DIN EN 1536 einzuhalten. Für die Vergabe von Bohrarbeiten sollte DIN-VOB 18 301 berücksichtigt werden.

Die Bohrpfähle müssen mindestens 2,5 m in die Schichten des Knollenmergels einbinden. Die Pfahlsohlen müssen, z. B. mit einem Bohreimer, sauber geräumt werden, um den vollständigen Kraftschluss verformungsarm sicherzustellen. Unter dieser Voraussetzung ist für das Bauwerk mit Setzungen von 1 cm bis maximal 2 cm zu rechnen.

Die **charakteristischen Werte für Mantelreibung und Spitzendruck** zur Dimensionierung einer Bohrpfahlgründung sind auf der Grundlage der DIN EN 1997-1:2010-12 festzulegen. Nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 können abweichend von den Bemessungswerten höhere Pfahltragfähigkeiten auf der Grundlage von Pfahlprobelastungen festgelegt werden. Auf dieser Grundlage empfehlen wir, folgende charakteristische Widerstands-Werte für den Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ und Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ anzusetzen:

- $q_{s,k} = 120 \text{ kN/m}^2$ die obersten 2 m im Knollenmergel
- $q_{s,k} = 180 \text{ kN/m}^2$ im Knollenmergel mit mindestens einer Verwitterungsstufe VS4 unterhalb der oberen 2 m
- $q_{s,k} = 215 \text{ kN/m}^2$ im Stubensandstein mit mindestens einer Verwitterungsstufe VS3
- $q_{b,k} = 2.000 \text{ kN/m}^2$ im Knollenmergel mit mindestens einer Verwitterungsstufe VS4
- $q_{b,k} = 2.400 \text{ kN/m}^2$ im Stubensandstein mit einer Verwitterungsstufe von mindestens VS3

Alternativ können auch verpresste Mikropfähle eingesetzt werden. Hierfür können folgende charakteristische Widerstands-Werte für den Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ angesetzt werden:

- $q_{s,k} = 180 \text{ kN/m}^2$ die obersten 2 m im Knollenmergel
- $q_{s,k} = 220 \text{ kN/m}^2$ im Knollenmergel mit mindestens einer Verwitterungsstufe VS4
- $q_{s,k} = 300 \text{ kN/m}^2$ im Stubensandstein mit mindestens einer Verwitterungsstufe VS3

bei der Mikropfahlgründung entfällt der Spitzendruck. Für die Mikropfahlgründung sind Pfahlprobelastungen nach EA-Pfähle vorzusehen. Mikropfähle können keine Querkräfte aufnehmen. Die H-Lasten können also bei dieser Gründung nur über eine Pfahlgruppe und nicht über horizontale Bettung aufgenommen werden.

In den darüber liegenden Schichten (neue und alte Auffüllung) darf eine Pfahlmantelreibung nicht zum Ansatz gebracht werden, da diese in diesen Horizonten nicht mobilisiert werden können. Das Bohrloch ist frei von jeglichen Wasserzutritten zu halten.

Infolge der zunehmenden Auflast aus der Geländeauffüllung ist mit Setzungen in den Auffüllungen und Talablagerungen zu rechnen. Dies führt zu einer Mobilisierung von sog. negativer Mantelreibung entlang des Pfahlschafts und somit zu einer zusätzlichen

Beanspruchung der Pfähle. Wir empfehlen, bei der Pfahlbemessung einen charakteristischen Wert der negativen Mantelreibung von maximal $\tau_{n,k} = 40 \text{ kN/m}^2$ in den obersten Schichten des Baugrunds mit einer Mächtigkeit von 3 m bis 6 m als charakteristische Einwirkung gemäß dem Beispiel B8 der EA-Pfähle⁸ zu berücksichtigen. Zur Basis der Schicht hin kann die negative Mantelreibung linear bis auf 0 reduziert werden, da hier keine nennenswerte Relativverschiebung zwischen Pfahl und Baugrund mehr stattfindet.

Zum zulässigen Abstand von Einzelpfählen bzw. zur Reduzierung der Pfahllasten bei engen Abständen der Bohrpfähle empfehlen wir folgende Regelung: Bis zu Abständen der Pfahlachsen von $3 \cdot D$ (D = Pfahldurchmesser) müssen keine Abminderungen vorgenommen werden.

Bei einer tangierenden Pfahlwand (Abstand $1 \cdot D$) verringert sich die Fläche, in der Mantelreibung übertragen werden kann, auf 64 % ($=100 \cdot 2/\pi$) des Pfahlumfangs. Beim Spitzendruck ist zu berücksichtigen, dass mit abnehmendem Pfahlabstand der beim Einzelpfahl vorliegende dreidimensionale Spannungszustand in ein ebenes Problem übergeht. Die EA-Pfähle beinhalten Nomogramme zur Bewertung von Pfahlgruppen, zu deren Anwendung jedoch detaillierte Kenntnisse der Pfahleinbindung und des Verformungszustands erforderlich sind.

Nach der früheren Norm für Bohrpfähle DIN 4014, Tabelle 6, ist bei tangierenden Pfählen bzw. bei einer durchgehenden Pfahlwand der Spitzendruck auf 60 % abzumindern. Wir empfehlen daher, auf die von uns angegebenen Werte für Einzelpfähle folgende Abminderungsfaktoren für die Gesamtwiderstände in Abhängigkeit der Pfahlabstände zu verwenden:

Achsabstand in einer Pfahlreihe	$1 \cdot D$	$1,5 \cdot D$	$2 \cdot D$	$2,5 \cdot D$	$\geq 3 \cdot D$
Abminderungsfaktor	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Diese Abminderungen gelten für Pfahlreihen mit wiederholten engen Pfahlabständen. Falls nur zwei Pfähle zueinander geringe Abstände aufweisen, sind die Reduktionen geringer. Die Mantelfläche für zwei tangierende Pfähle reduziert sich auf das Verhältnis $(2 + \pi)/(2 \cdot \pi) = 0,82$, für die Abminderung des Spitzendrucks empfehlen wir in Anlehnung an die frühere DIN 4014 einen Faktor von 0,9. Auf dieser Grundlage geben wir für einzelne benachbarte Pfähle in engem Abstand folgende Abminderungsfaktoren bezogen auf den Widerstand eines Einzelpfahles an:

⁸ Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle": EA-Pfähle, 2. Auflage, 2012, Arbeitskreis AK 2.1 "Pfähle" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., Hans-Georg Kempfert

Achsabstand von 2 Einzelpfählen	1·D	1,5·D	2·D	2,5·D	≥ 3·D
Abminderungsfaktor	0,85	0,89	0,93	0,96	1,0

Bei benachbarten Pfählen, bei denen sowohl hinsichtlich einer Reihung von Pfählen als auch zwischen unmittelbar benachbarten Pfählen unterschiedlich enge Abstände geplant sind, gilt der kleinere der genannten Abminderungsfaktoren. Bei Außenpfählen von Pfahlreihen kann das Einzelpfahlkriterium zur Anwendung kommen.

Hinsichtlich der Tiefenabstufung benachbarter Pfähle empfiehlt DIN 1054, eine möglichst gleichmäßige Gründungstiefe anzustreben. Wir empfehlen, Tiefenstaffelungen nicht steiler als unter einer 45°-Linie, bezogen auf die Pfahlachsen, auszuführen, da bei steileren Staffelungen weitere Abminderungen der Tragfähigkeiten erwartet werden müssen.

Über die Aktivierung des Erdwiderstands können horizontale Lasten bei Großbohrpfählen abgetragen werden. Die Berechnung kann mit Hilfe des Bettungsmodulverfahrens erfolgen. In allen Schichten kann bei Pfahlabständen von $a > 3D$ ein Bettungsmodul $k_s = E_s/D$ (Steifemodul dividiert durch den Pfahldurchmesser D) angesetzt werden. An keiner Stelle darf die Erdwiderstandsspannung $\sigma_h = K_{ph} \cdot \gamma \cdot z$ überschritten werden. Insgesamt sollte der Erdwiderstand nur zu 50 % genutzt werden, um die Verschiebungen zu begrenzen. Bei der Erdwiderstandsberechnung kann eine Ersatzbreite von $3 \cdot D$ angesetzt werden, um die Mitwirkung des Bodens seitlich vom Pfahl zu erfassen. Die bodenmechanischen Rechenwerte für die Steifemoduln E_s und die Scherfestigkeiten zur Ermittlung des Erdwiderstandsbeiwertes K_{ph} sind in Abschnitt 7.3 vorgegeben. Für die Auffüllungen kann hierfür abweichend mit einem $E_s = 5 \text{ MN/m}^2$ gerechnet werden.

Zur Ermittlung der Pfahlfederwerte können je nach gewähltem Pfahlsystem entweder die standardisierten Pfahlsetzungslinien der DIN 1054 oder Arbeitslinien aus Pfahlprobelastungen herangezogen werden. Bestimmende Parameter sind dabei je nach Pfahlsystem die Bohrdurchmesser, die Lasten und somit die Länge der Pfähle und ob die Beanspruchung auf Zug oder Druck erfolgt.

Wir haben derartige Untersuchungen exemplarisch durchgeführt, wobei vereinfachend angenommen wurde, dass die jeweiligen charakteristischen Einwirkungen $G_k + Q_k$ bei rund 300 kN bis 1000 kN liegen.

Bei verpressten Mikropfählen mit einem Bohrdurchmesser von $D \approx 150 \text{ mm}$ unter Druckbeanspruchung kann unter der Annahme, dass am Einzelpfahl mit Länge etwa 8 m gemäß Erfahrungswerten Pfahlkopfverformungen von 8 mm – 15 mm auftreten können, eine Bandbreite in den Ersatzfedersteifigkeiten des Einzelpfahls von $30 \text{ MN/m} \leq C_v \leq 60 \text{ MN/m}$ angenommen werden.

Bei Bohrpfählen unter Druck mit Durchmesser $D = 0,6 \text{ m}$ und Einbindetiefen in den Knollenmergel von 3 m bis 5 m ergeben sich aus der Bohrpfahlbemessung nach DIN 1997 Pfahlfederwerte von rund 150 MN/m bis etwa 260 MN/m bei tieferen, bis in den Stubensandstein reichenden Pfählen unter höheren Einwirkungen.

8.2.2 Tankstelle

Für Herstellung und Gründung des unterirdischen Tanks, des Domschachts und der anschließenden Leitungen sind die Einbauvorschriften der Technischen Regeln brennbare Flüssigkeiten, TRbF 121, zu beachten, auf die wir hier nicht weiter eingehen werden. Für die darüber angeordneten Verkehrsflächen wird auf Abschnitt 8.6 verwiesen. Für die Überdachung der Anlagen liegen keine konkreten Pläne vor. Je nach Konstruktion können bei einfacher Ausführung vermutlich Flachgründungen, bei auskragendem Dach unter Umständen eine Tiefgründung erforderlich werden.

8.3 Baugrubenherstellung

Nachfolgend gehen wir auf den Aushub und die Wiederverwendbarkeit der Aushubböden und des Bohrguts (Abschnitt 8.3.1 und Abschnitt 6 zur abfallrechtlichen Einstufung) sowie auf die Ausbildung von Baugrubenböschungen (Abschnitt 8.3.2), wobei wir hier davon ausgehen, dass diese sich lediglich in den oberflächennahen Auffüllungen befinden.

8.3.1 Aushub und Wiederverwendbarkeit von Böden

Beim Aushub der Baugruben für die Pfahlkopfplatten werden hauptsächlich Auffüllungen und Knollenmergel anfallen. Die Schlufftonsteine des Knollenmergels und die Sandsteine des Stubensandsteines sind aller Voraussicht nach nur im Rahmen der Bohrpfahlarbeiten zu erwarten.

Die Bodenklassen der zu lösenden Böden sind in Tabelle 9 des Abschnittes 7.3 genannt. Falls der Ausschreibung Homogenbereiche gemäß DIN 18 300:2019-10 zugrunde gelegt werden sollen, gilt Tabelle 10. Für die abfallrechtliche Einstufung wird auf Abschnitt 6 verwiesen.

Die überwiegend bindigen Böden der Auffüllungen und des Knollenmergels sind für einen Wiedereinbau vermutlich nur mit Bindemittelbehandlung geeignet.

Wir weisen auf die Frostgefährdung der anstehenden Böden hin, die bei Bauarbeiten im Winter Schutzmaßnahmen für Baugruben- bzw. Fundamentsohle und Böschungen erforderlich machen können.

8.3.2 Baugrubenböschungen

Ohne rechnerische Nachweise der Standsicherheit dürfen außerhalb des Einflussbereichs von Nachbarbauwerken bei den hier vorhandenen steifen bindigen Böden nach DIN 4124 bis zu 3 m tiefe Baugruben und Gräben mit Böschungsneigungen von bis zu 60° hergestellt werden. Die Mindestabstände von Einwirkungen zu den Böschungsoberkanten gemäß DIN 4124 sind zu beachten. Im Bereich von rolligen Böden ist die Böschung auf 45° abzuflachen.

Bei tieferen Geländesprüngen oder zusätzlichen Belastungen ist die Standsicherheit für die Bemessungssituation BS-T mit dem Nachweiseverfahren 3 ("GEO-3") nach DIN 1054:2010-12 nachzuweisen.

Ferner ist sicherzustellen, dass kein Oberflächenwasser über die Randböschungen fließt. Hierzu ist es zweckmäßig, sofern ein Gefälle zur Baugrube besteht, kleine Erdwälle auf den Böschungskronen anzulegen und für eine gezielte Ableitung von oberflächlich zusammenfließendem Wasser zu sorgen.

8.4 Frost- und Feuchteschutz

Das geplante Bauwerk bindet nicht in das Grundwasser ein. Um einen ausreichenden Frostschutz zu gewährleisten, sind entlang der Außenseite durchgehend frostsichere Streifenfundamente oder eine Frostschürze anzuordnen. Alternativ ist auch ein Bodenaustausch bis in eine Tiefe von $\geq 1,0$ m aus frostsicherem Material möglich.

Die DIN 18 533-1 sieht eine Abdichtung der Bodenplatte gegen Bodenfeuchte für die hier maßgebende Wassereinwirkungsklasse W1-E mit den in DIN 18 533-2 und DIN 18 533-3 aufgeführten Baustoffen vor.

Als Alternative zur Abdichtung der Bodenplatte hat sich auch eine Bauweise mit kapillARBrechender Schicht nach Bild 13 in DIN 18 533-1 bewährt, auf die wir nachfolgend eingehen. Dies setzt die Raumnutzungs-k-lasse RN1-E mit geringer Anforderung an die Trockenheit der Raumluft voraus.

Nachfolgend geben wir auf der Grundlage der DIN 18533-1 Empfehlungen zum Schutz gegen aufsteigende Bodenfeuchte. Dies setzt voraus, dass eine kapillARBrechende Schicht unter der Bodenplatte vorhanden ist.

Bei kapillARBrechenden Schichten haben sich die beiden nachfolgenden alternativen Schichtaufbauten unter Bodenplatten mit unterschiedlichen Anforderungen bewährt.

- Bei hochwertig genutzten Räumen sollte auf dem anstehenden bindigen Baugrund bzw. auf bindigen Auffüllungen zunächst ein mechanisch verfestigtes Geotextilvlies der Geokunststoff-Robustheitsklasse (GRK) 3 mit einer Masse von $\geq 150 \text{ g/m}^2$ (TL Geotex E-StB 05⁹, M Geok E StB 05)¹⁰ verlegt werden. Darüber ist als kapillARBrechende Schicht eine Kiesschicht 2/32 mm mit einer Dicke von mindestens 15 cm einzubauen, oberhalb welcher aus baupraktischen Gründen in der Regel zusätzlich eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton erforderlich wird. Zusätzlich empfehlen wir, zum Schutz des Kiesfilters zwischen Kiesschicht und Magerbeton eine Baufolie mit $d \geq 0,4 \text{ mm}$ einzulegen, die gleichzeitig als Dampfsperre wirken kann und die Gefahr von Schrumpfsetzungen vermindert.
- Bei geringwertig genutzten Bereichen und gleichzeitig höherem Anspruch an die Tragfähigkeit im Hinblick auf das Befahren (z. B. Staplerverkehr) kann dort als eingeschränkt wirksame kapillARBrechende Schicht eine Gesteinskörnung 0/45 mm oder ein Sand-Brechkorngemisch eingebaut werden. Die Dicke der kapillARBrechenden Schicht kann auf die Stärke der Tragschicht unter der Bodenplatte angerechnet werden. Auf den anstehenden bindigen Böden sollte auch hier ein Geotextilvlies als Trennschicht verlegt werden.

Die kapillARBrechende Schicht ist in beiden Fällen mit mindestens 3 Übergängen einer Walze ($\geq 500 \text{ kg}$ Betriebsgewicht) statisch zu verdichten, womit gleichzeitig aushubbedingte Auflockerungen kompensiert werden.

Gegebenenfalls kann eine Wärmedämmung der Bodenplatte mit feuchteunempfindlichen Produkten, wie Schaumglas oder Polyurethan-Schaum auch als kapillARBrechende Schicht verwendet werden. Diese Lösung sollte im Detail vom Architekten bzw. Fachingenieur für Bauphysik beurteilt und festgelegt werden.

Zur Gewährleistung der Frostsicherheit der Bodenplatte ist darauf zu achten, dass an den Außenkanten von auf den Baugrund aufgelagerten Bodenplatten Frostschrägen angeordnet werden. Da das Baugelände nach den Richtlinien für den Straßenbau, RStO 12, in Frosteinwirkungszone I liegt, ist bei Baumaßnahmen im Winter auf frostsicheren Aufbau unter der Bodenplatte zu achten, oder es sind gesonderte Sicherungsmaßnahmen gegen Frost vorzusehen.

⁹ TL Geok E-StB 05: Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus, Ausgabe 2005 der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau", Köln

¹⁰ M Geok E: Merkblatt über die Anwendungen von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus mit den Checklisten C Geok E, Ausgabe 2005 der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau", Köln

8.5 Hinterfüllung und Erddruck

Für die Anforderung an die einzubauenden Erdstoffe für die Hinterfüllung der Arbeitsräume wird auf Abschnitt 8.1 zu den Geländeauffüllungen verwiesen.

Als Erddruckbelastung für die erdberührten Wände im Bereich des ins Gelände einbindenden Turms NT1 soll ein erhöhter aktiver Erddruck angesetzt werden, wobei das einzubauende Material, die Arbeitsraumbreite, der Erddruck aus Verkehrslasten und aus Verdichtung zu berücksichtigen sind. Dem Einfluss der Verdichtung kann mit einer Mindesterdrukkoordinate von $e_v = 25 \text{ kN/m}^2$ Rechnung getragen werden. Im Bereich der Überdeckung der Rampe empfehlen wir eine rechteckförmige Umlagerung. Beim Nachweis für den Bauzustand kann der aktive Erddruck angesetzt werden.

Der Ruhedruck- und aktive Erddruckbeiwert wird in Abhängigkeit vom Reibungswinkel φ' bzw. von der Querdehnzahl des Verfüllmaterials wie folgt geschätzt:

	grob- und gemischt- körniges Material	gemischt- und feinkörnige Böden
Erdruhedruckbeiwert K_{0gh}	0,35	0,50
Aktiver Erddruckbeiwert K_{agh}	0,21	0,33

Tabelle 12: Erdruhedruckbeiwerte K_{0gh} und aktive Erddruckbeiwerte K_{agh} bei Verfüllungen

Dieser Ansatz gilt auch für bis 1,5 m breite, verfüllte Arbeitsräume, mit der Einschränkung, dass ein Verdichtungsdruck von $e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen ist, falls der umgelagerte, erhöhte aktive Erddruck geringer ist.

Auf Bauteile, die bei größerer Arbeitsraumbreite oder geböschter Baugrube nachträglich angeschüttet werden, ist mit dem Erddruck des geschütteten und verdichteten Auffüllmaterials zu rechnen. Aufgrund von Messungen an hinterfüllten Bauwerken aus Stahlbeton, über die in der Literatur berichtet wird, und in Übereinstimmung mit DIN 4085, ist der Erdruhedruck maßgebend. Der Erdruhedruck ist nicht umzulagern. Zur Berücksichtigung der horizontalen Verspannung infolge der Bodenverdichtung muss als Mindesterdruk ein Verdichtungsdruck von $e_v = 25 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Auf Bauteile, die ohne Arbeitsraum gegen die Verbauplächen betoniert und nur durch Dränschichten von diesen getrennt werden, wirkt im Endzustand der Erddruck, der bislang von der Baugrubensicherung (siehe Abschnitt 9.2) aufgenommen wurde zuzüglich der Berücksichtigung einer langfristigen Erddruckumlagerung im Baugrund. Um dies zu berücksichtigen, empfehlen wir, beim Erddruck auf die Bauwerkswände von einem erhöhten aktiven

Erddruck auszugehen, der sich aus $e_m = 0,5 (e_a + e_o)$ für Wandreibung $\delta = 0$ ergibt. Der Erddruck sollte mit einer rechteckigen Belastungsfigur angesetzt werden.

8.6 Verkehrsflächen und Aufbau unter Bodenplatten

Auf der Südseite des Geländes sind zur Lieferung und Befüllung des Flugkraftstofftanks Verkehrsflächen geplant. Der hierfür notwendige Aufbau der Verkehrsflächen orientiert sich an den "Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen", Ausgabe 2012 (RStO 12). Kriterien sind dabei:

- die Nutzungsart,
- die Verkehrsbeanspruchung,
- die Frostsicherheit und
- der erreichbare Verformungsmodul E_{v2} auf dem Untergrund.

Die vorliegende Belastungsklasse der Verkehrsflächen des nach RStO ist noch nicht bekannt. Wir empfehlen hier eine Bauweise mit Asphaltdecke oder in dichter Pflasterbauweise vorzusehen. Den Plänen nach ist im Bereich der Tankstelle die Fahrbahn aus flüssigkeitsdichtem Beton, in der sog. FD-Betonbauweise vorgesehen. Nach Tabelle 5 der RStO sollte aufgrund des gelegentlichen Befahrens durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes mindestens von der Belastungsklasse Bk0,3 ausgegangen werden. Für die Ein- und Ausfahrt, Fahrgassen mit häufigen Überfahrten oder ausgeprägten Spur- und Kurvenfahrten empfehlen wir wegen der stärkeren Beanspruchung, insbesondere durch Kurvenfahren von LKWs des Lieferverkehrs, mindestens die Belastungsklasse Bk1,0 zu berücksichtigen. Die Festlegung der Belastungsklassen und des Straßenaufbaus ist im Rahmen der weiteren Planung vorzunehmen.

Die Auffüllungen sind der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen. Entsprechend Tabelle 6 der RStO 12 beträgt dann die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für die Belastungsklasse Bk0,3 50 cm und für die Belastungsklassen Bk1,0, 60 cm. Mehr oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse sind hinzuzurechnen.

Auf dem Planum ist in Verbindung mit einer planmäßigen Planums-Entwässerung ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Innerhalb der bindigen Auffüllungen sind bei vorhandener Bindemittelverbesserung Verformungsmoduln von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erwarten. Ohne Bindemittelverbesserung ist bei steifen bindigen Böden von einem E_{v2} -Modul von 10 MN/m^2 bis 20 MN/m^2 , bei weichen bindigen Böden von einem E_{v2} -Modul von 5 MN/m^2 bis 10 MN/m^2 auszugehen.

Je nach vorhandener Tragfähigkeit des Untergrunds oder des Unterbaus können die in Tabelle 13 angegebenen Schichtdicken der ungebundenen Frostschutz- und Schottertragschichten (FSS/STS) zur Vorbemessung zugrunde gelegt werden. Der Aufbau muss so gewählt werden, dass sowohl die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus sowie die Tragfähigkeitsanforderung auf der Tragschicht erfüllt werden.

erreichbarer Verformungsmodul auf dem Untergrund	erforderliche Schichtdicke d (cm) der Schottertragschicht für $E_{V2,STS} =$			
$E_{V2,U}$ (MPa)	80 MPa	100 MPa	120 MPa	150 MPa
10	> 55 cm	> 65 cm	> 75 cm	> 85 cm
20	35 cm	45 cm	55 cm	65 cm
30	25 cm	35 cm	45 cm	55 cm
45 ¹⁾	15 cm ²⁾	15 cm ²⁾	25 cm	35 cm

¹⁾ Regelfall bei einer Bindemittelverbesserung des Erdplanums

²⁾ Technologische Mindestdicke mit 0/45 Material

Tabelle 13: Abschätzung der Tragschichtdicken unter Verkehrsflächen für STS und FSS aus gebrochenem Material

Die Tragfähigkeit (Verformungsmodul) des Planums bzw. der Tragschichten ist durch Plattendruckversuche nach DIN 18 134, möglichst mit Baubeginn in einem Probefeld, zu überprüfen und die o.g. Dicken der Tragschichten sind ggf. an die tatsächlichen Ergebnisse anzupassen.

9 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung

Sollten zu unseren Ausführungen und Vorschlägen Fragen bestehen, sind wir gerne bereit, unseren Bericht zu erläutern und unsere Vorschläge zu begründen.

Das geologische Modell des Baugrunds, das Grundlage unserer bautechnischen Empfehlungen ist, resultiert aus punktuellen Aufschlüssen. Es kann den Baugrund daher nicht exakt beschreiben, und Abweichungen - vor allem hinsichtlich der Schichtgrenzen - zwischen den Erkundungspunkten sind möglich. Eine Baugrundüberprüfung während der Pfahlarbeiten ist daher zwingend erforderlich:

- Abweichungen von der beschriebenen Schichtung und Beschaffenheit des Untergrunds und von den angegebenen Grundwasserverhältnissen sind uns sofort mitzuteilen.

- Die ersten Pfähle sind von uns abnehmen zu lassen. Wir bitten, uns rechtzeitig zu benachrichtigen.

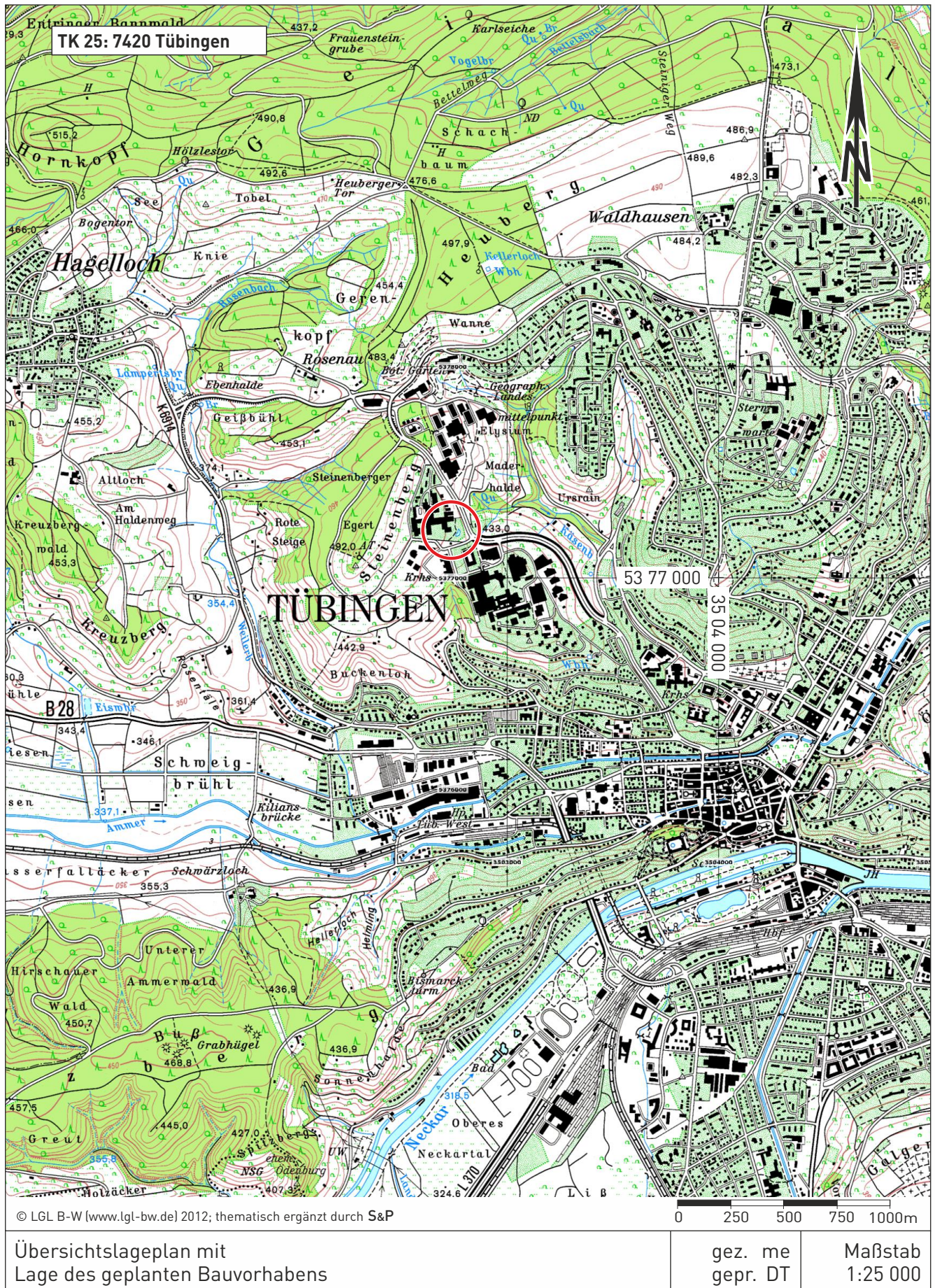
Die Angaben zur Gründung beruhen außer dem Baugrundmodell auch auf den uns vorliegenden Bauwerksunterlagen und Lastangaben. Weiterführende Planungen sind uns daher mitzuteilen.

Für die Pfahlgründung empfehlen wir, eine geotechnische Fachbauleitung vorzusehen. Auf jeden Fall muss die Herstellung der ersten und stichprobenartig von weiteren Pfähle geotechnisch überwacht werden.

Anlagen	Anlage
Lagepläne des geplanten Luftrettungszentrums	
▪ Übersichtslageplan (M 1:25 000)	1.1
▪ Lageplan (M 1:500) der Erkundungspunkte und Verlauf der geologischen Schnittes (Anlage 3.1)	1.2
▪ Auszug aus der Höhenflurkarte (M 1:2 500) Blatt NW 02/01 und NW 02/02 von 1999 mit Lage der Erkundungspunkte und des geplanten Luftrettungszentrums	1.3
Gelände-Erkundung (M 1:100)	
▪ Kurzzeichen und Abkürzungen nach DIN 4023 und DIN 18 196	2.0
▪ Schichtenfolgen der Kernbohrungen S&P 2024	
- BK 1	2.1.1
- BK 2	2.1.2
- BK 3	2.1.3
- BK 4	2.1.4
▪ Schichtenfolgen der Kleinbohrungen S&P 2024	
- BS 1	2.2.1
- BS 2	2.2.2
- BS 3 und BS 3 A	2.2.3
▪ Bohrkernfotos der Kernbohrungen S&P 2024	
- BK 1 (3 Blatt)	2.3.1
- BK 2 (3 Blatt)	2.3.2
- BK 3 (3 Blatt)	2.3.3
- BK 4 (3 Blatt)	2.3.4
▪ Schichtenfolgen der Kernbohrungen und Kleinbohrungen für die Notaufnahme S&P 2024	2.4
- BK 8	
- BS 8	
- BS 9	
▪ Schichtenfolgen der Fremdbohrung BK 1/P1 von 1994	2.5
Baugrundmodell	
▪ Geologische Geländeschnitte (M 1:200/1:100)	
- S-N-Schnitt A: quer zur Elfriede-Aulhorn-Straße	3.1.1
- W-O-Schnitt B: parallel zur Elfriede-Aulhorn-Straße	3.1.2
▪ Schichtlagerungskarte (M 1:500) mit Höhenlage (mNN und m u. Gel.) der Oberfläche des Stubensandsteins	3.2
Felsmechanische Untersuchungen: Bericht Ruhr-Universität Bochum, 27.05.24 (12 Blatt)	4
Chemische Untersuchungen	
▪ S&P-Auswertetabellen nach VwV Bodenverwertung (7 Blatt)	5.1
▪ S&P-Auswertetabellen nach Ersatzbaustoffverordnung (7 Blatt)	5.2

- Prüfberichte des chemischen Labors (14 Blatt)

5.3

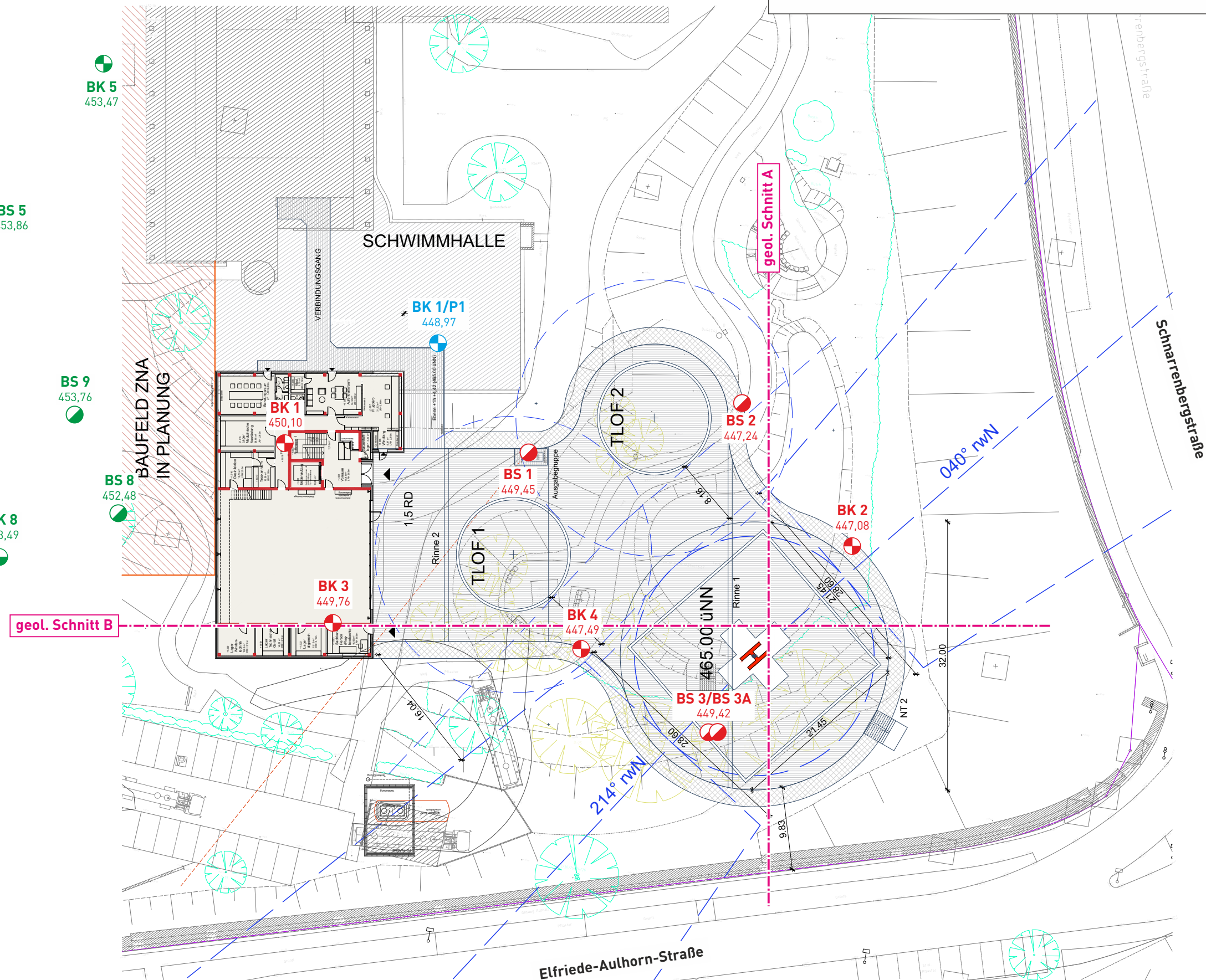


BK 4/P4
456,49

BK 3/P3
453,85

BK 2
449,51

BK 5
449,16



Erkundung S&P 2024
(NB Luftrettungszentrum)

● Kernbohrungen
● Kleinbohrungen

Erkundung S&P 2024
(Notaufnahme)

● Kernbohrungen
● Kleinbohrungen

Fremd-Erkundung 1994

● Kernbohrungen

0 5 10 15 20 m

Lageplan mit Lage der Bohrpunkte und
Verlauf der geologischen Schnitte

gez. me
gepr. DT

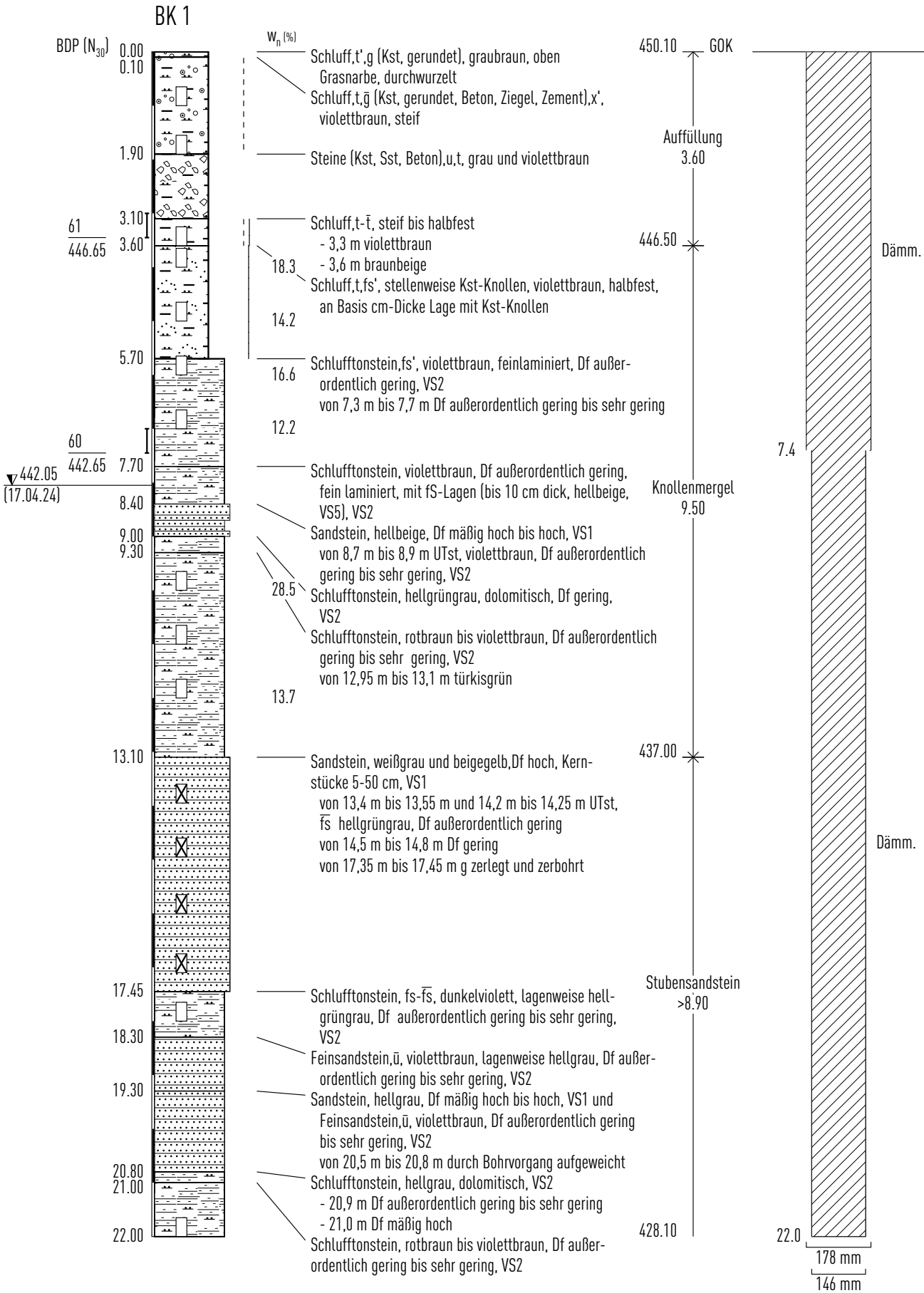
Maßstab
1:500



Untersuchungsstellen		Rammsondierung (Dynamic Probing)		Bodenproben			
	SCH Schurf		DPL leichte Sonde (light)		Güteklasse 1		
	BK Kernbohrung		DPM mittelschwere Sonde (medium)		Güteklasse 3		
	BS Kleinbohrung		DPH schwere Sonde (heavy)		Kernstück		
Bodenarten-Beschreibung		Korngrößen		Konsistenz			
A	Auffüllung	f	fein		breiig		
Y	Blöcke y mit Blöcken	m	mittel		weich		
X	Steine x steinig	g	grob		steif		
G	Kies g kiesig	grobkörnige Nebenteile (Massenanteile Körnungslinie)			halbfest		
S	Sand s sandig	'	schwach (< 15%)		fest		
U	Schluff u schluffig	—	stark (> 30%)	Kalkgehalt (Aufbraus-Test: 10% HCl)			
T	Ton t tonig	feinkörnige Nebenteile (Einfluss auf Verhalten des Bodens)		Ca:0	kalkfrei		
H	Humus, Torf h humos, torfig	'	schwach	Ca:+	kalkhaltig		
F	Faulschlamm o org. Anteile	—	stark	Ca:++	stark kalkhaltig		
Mg	Mergel mg mergelig						
	dol. dolomitisch						
Felsarten-Beschreibung		Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit (Df) im Feld		Zerlegung			
Z	Fels allgemein	<u>Bezeichnung</u>	<u>Feldversuch</u>				
Zv	Fels verwittert	außerordentlich gering	mit Fingernagel leicht ritzbar	Schichtflächenabstand			
Ko, Br	Konglomerat, Brekzie	sehr gering	mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln	<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>		
Sst	Sandstein		mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbbar	sehr dick	größer als 2000		
UTst	Schlufftonstein		mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen	dick	2000 bis 600		
Ust, Tst	Schluffstein, Tonstein	gering	nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen	mittel	600 bis 200		
Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein		nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen	dünn	200 bis 60		
Dst	Dolomitstein		durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter	sehr dünn	60 bis 20		
Gyst	Gipsstein	mäßig hoch		grob laminiert	20 bis 6		
Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)	hoch		fein laminiert	kleiner als 6		
Pl	Plutonite (z.B. Granit)			Kluftflächenabstand			
Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)	sehr hoch		<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>		
		außerordentlich hoch		sehr weitständig	größer als 2000		
				weitständig	2000 bis 600		
				mittelständig	600 bis 200		
				engständig	200 bis 60		
				sehr engständig	60 bis 20		
				außerordentlich engständig	kleiner als 20		
		Kalkgehalt	(s. Boden)				
Verwitterungsstufen		VS 5	VS 4	VS 3	VS 2	VS 1	VS 0
Gesteinstyp	Boden	Boden	Boden + Gestein	Gestein	Gestein	Gestein	Gestein
Bezeichnung	zersetzt	vollständig verwittert	stark verwittert	mäßig verwittert	schwach verwittert	frisch	
Beschreibung	gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, ohne Gefüge	gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, Gefüge größtenteils unversehrt	mehr als die Hälfte des Gesteins zersetzt oder zerfallen	weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt	Verfärbung	möglicherweise leichte Verfärbung	
			Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.				
Grundwasser (Gw)		Gw-Spiegel / Gw-Stand					
		100,00 mNN	undefiniert oder nach Bohrende				
		100,00 mNN	Wasserspiegel, steigend				
		100,00 mNN	angebohrt				
		100,00 mNN	Wasserspiegel, fallend				
		100,00 mNN	in Ruhe im ausgebauten Bohrloch				
		20.12.1998	Datum				
Normen:				Vernässung oberhalb des Gw			
DIN EN ISO 14688, DIN EN ISO 14689							
DIN 4022, DIN 4023							
					Aufsatzrohr		
					Ringraumzementation		
					Filterrohr		
					Sumpfrohr		
					Quellton		
					Bohrendtiefe		
Beschreibung der Schichtenfolgen:							
Kurzzeichen und Abkürzungen							

DTK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 712,11 / H = 53 77 212,93
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 450.10 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am: 15.04.2024 - 17.04.2024
aufgenommen von: Dipl.-Geol. P. Schlittenhardt
am: 18.04.2024

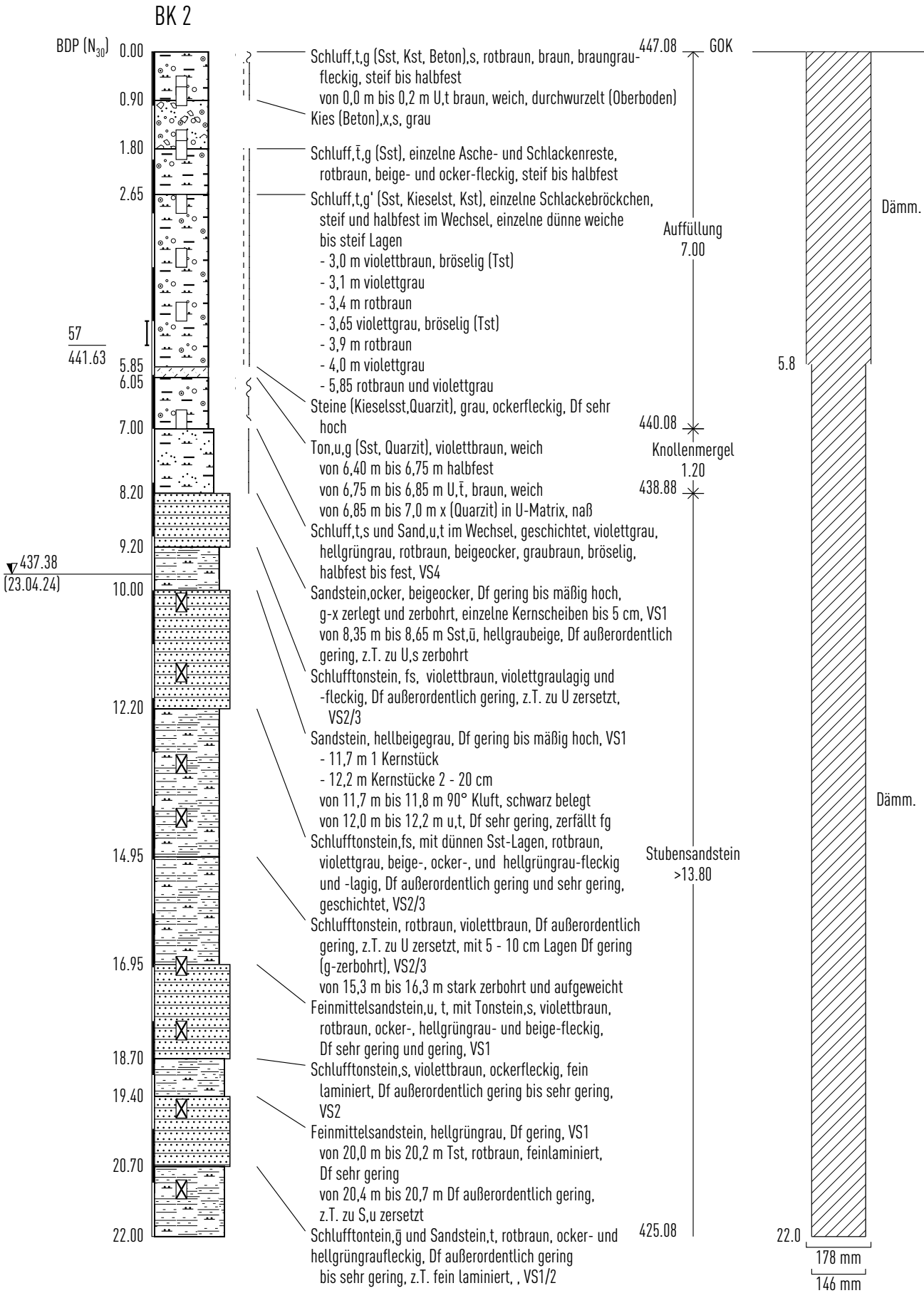


Dämm. = Dämmer
ø nicht maßstäblich

Bohrverfahren:
- 7,4 m Rammkernbohrung ø 140 mm
- 22,0 m Rotationskernbohrung ø 146 mm
- 7,4 m Hilfsverrohrung ø 178 mm
Bodenproben: 1.00 m; 4.00 m; 5.00 m; 6.00 m; 7.00 m;
10.00 m; 11.00 m; 12.00 m; 18.00 m; 22.00 m
Eimerproben: 0.00-1.90 m; 1.90-3.60 m
Kernstücke: 13.85-13.95 m; 14.85-14.95 m;
15.90-16.00 m; 17.00-17.10 m
Geruch unauffällig
Gw (Spüllwasser?) bei 8,05 m u. Gel. (17.04.24; 14:00 Uhr)
ab 9,0 m u. Gel. 90 % Spülwasserverlust
BDP 3.00-3.45 m: 18/27/34
7.00-7.45 m: 19/26/34

DTK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 780,86 / H = 53 77 211,47
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 447.08 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am: 18.03.2024 - 23.04.2024
aufgenommen von: Dipl.-Geol. D. Tronich
am: 24.04.2024

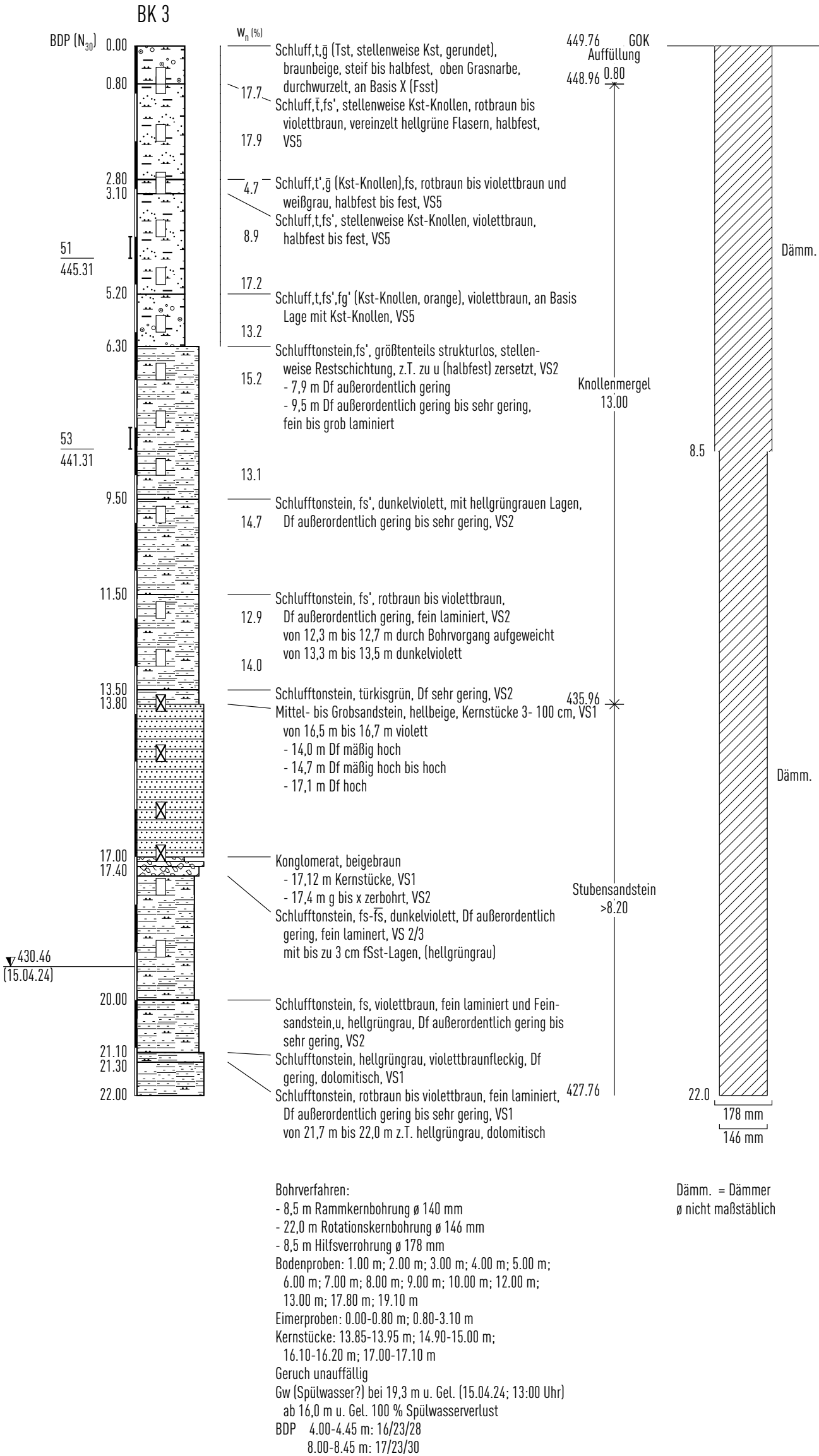


Bohrverfahren:
- 5,8 m Rammkernbohrung ø 140 mm
- 22,0 m Rotationskernbohrung ø 146 mm
- 5,8 m Hilfsverrohrung ø 178 mm
Bodenproben: 0.20-0.80 m; 0.90-1.80 m; 1.00 m; 2.00 m; 3.00 m; 4.00 m; 5.00 m
Eimerproben: 1.80-4.00 m; 4.00-7.00 m
Kernstücke: 10.30-10.40 m; 11.55-11.70 m; 13.30-13.40 m; 14.30-14.40 m; 17.00-17.15 m; 18.25-18.35 m; 19.70-19.80 m; 21.20-21.30 m
Geruch unauffällig
Gw (Spülwasser ??) bei 9,7 m u. Gel. (23.04.24; 11:00 Uhr) bei 11,0 m u. Gel. 80 % Spülwasserverlust
BDP 5.00-5.45 m: 17/25/32

Dämm. = Dämmer
ø nicht maßstäblich

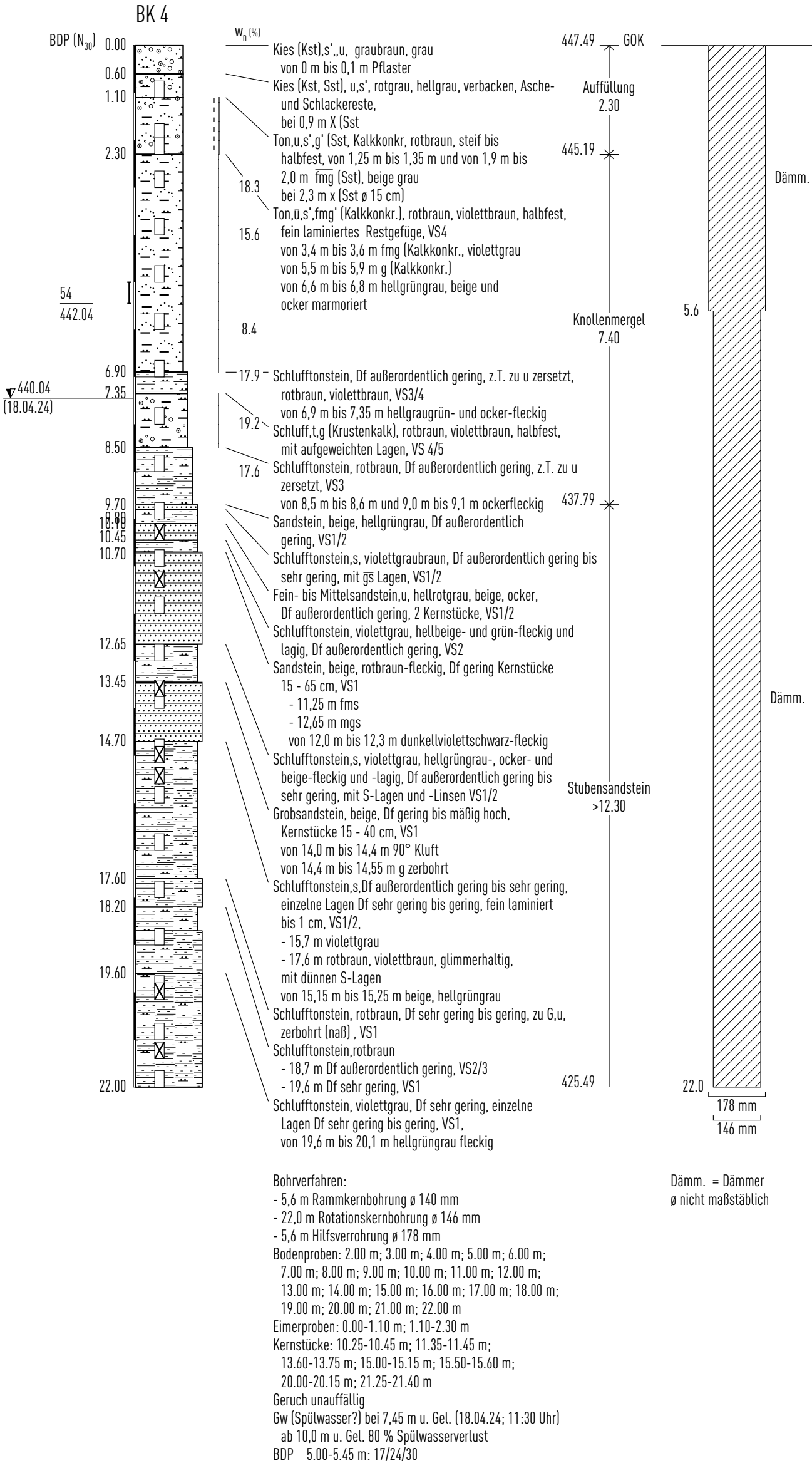
DTK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 721,11 / H = 53 77 192,63
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 449.76 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am: 11.04.2024 - 15.04.2024
aufgenommen von: Dipl.-Geol. P. Schlittenhardt
am: 18.04.2024



DTK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 750,85 / H = 53 77 194,26
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 447.49 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am: 17.03.2024 - 18.04.2024
aufgenommen von: Dipl.-Geol. D. Tronich
am: 24.04.2024

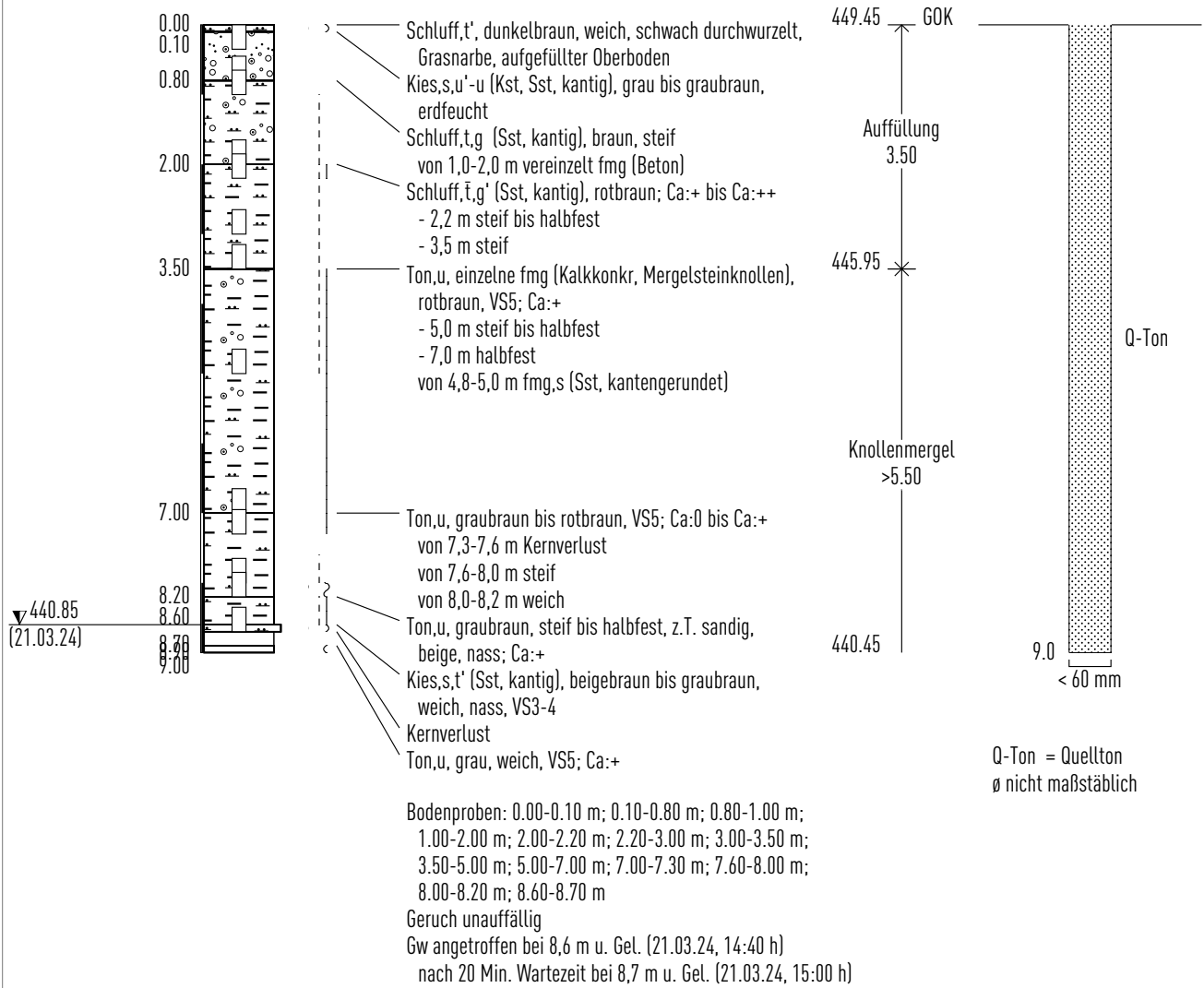


TK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 740,98 / H = 53 77 216,38
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 449.45 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Friedrich Klingler/S&P
am: 21.03.2024
aufgenommen von: M.Sc. Julian Hönig/S&P
am: 21.03.2024

Verfüllung

BS 1



Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kleinbohrung
BS 1

gez. me
gepr. hö

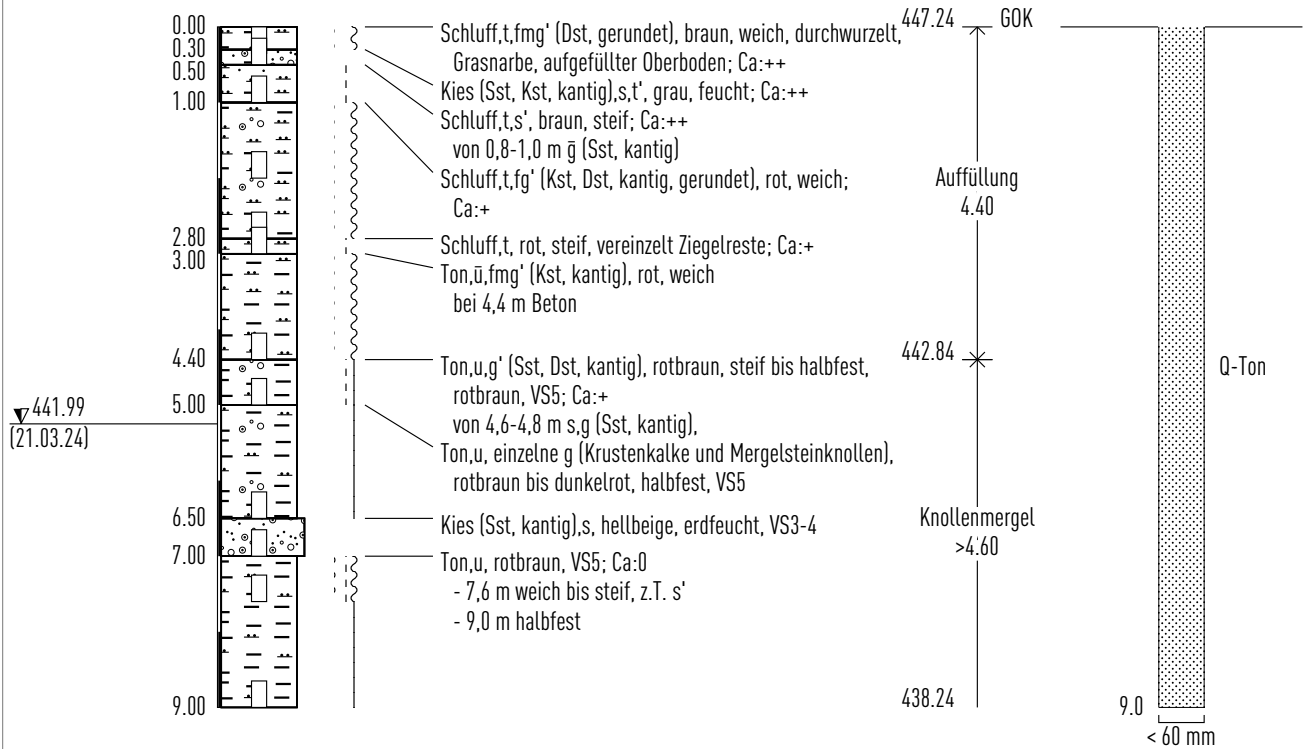
Maßstab
1:100

TK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 765,18 / H = 53 77 226,26
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 447.24 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Friedrich Klingler/S&P
am: 21.03.2024
aufgenommen von: M.Sc. Julian Hönig/S&P
am: 21.03.2024

Verfüllung

BS 2



Bodenproben: 0.00-0.30 m; 0.30-0.50 m; 0.50-1.00 m;
1.00-2.00 m; 2.00-2.80 m; 2.80-3.00 m; 3.00-4.40 m;
4.40-5.00 m; 5.00-6.50 m; 6.50-7.00 m; 7.00-7.60 m;
7.60-9.00 m

Geruch unauffällig

Gw angetroffen bei 6,13 m u. Gel. (21.03.24, 12:00 h)

nach 3,0 Std. Wartezeit angestiegen auf 5,35 m u. Gel. (21.03.24, 15:00 h)

Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kleinbohrung
BS 2

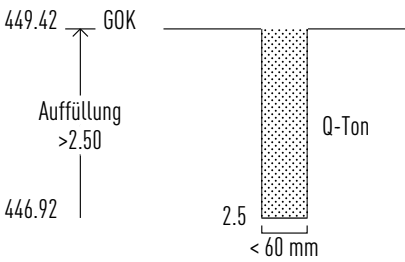
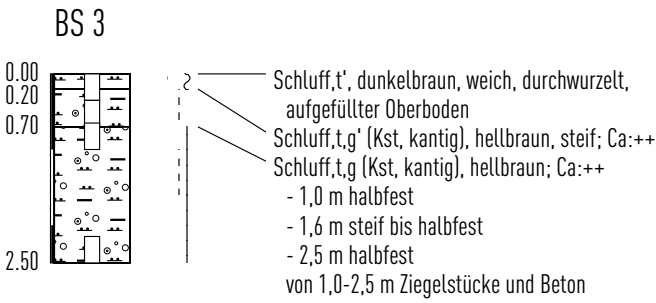
gez. me
gepr. hö

Maßstab
1:100

DTK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 767,96 / H = 53 77 186,9
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 449.42 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Friedrich Klingler/S&P
am: 21.03.2024
aufgenommen von: M.Sc. Julian Hönig/S&P
am: 21.03.2024

Verfüllung



Bodenproben: 0.00-0.20 m; 0.20-0.70 m; 0.70-1.00 m;
1.00-2.50 m
Geruch unauffällig
Gw nicht angetroffen

Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kleinbohrung
BS 3

gez. me
gepr. hö

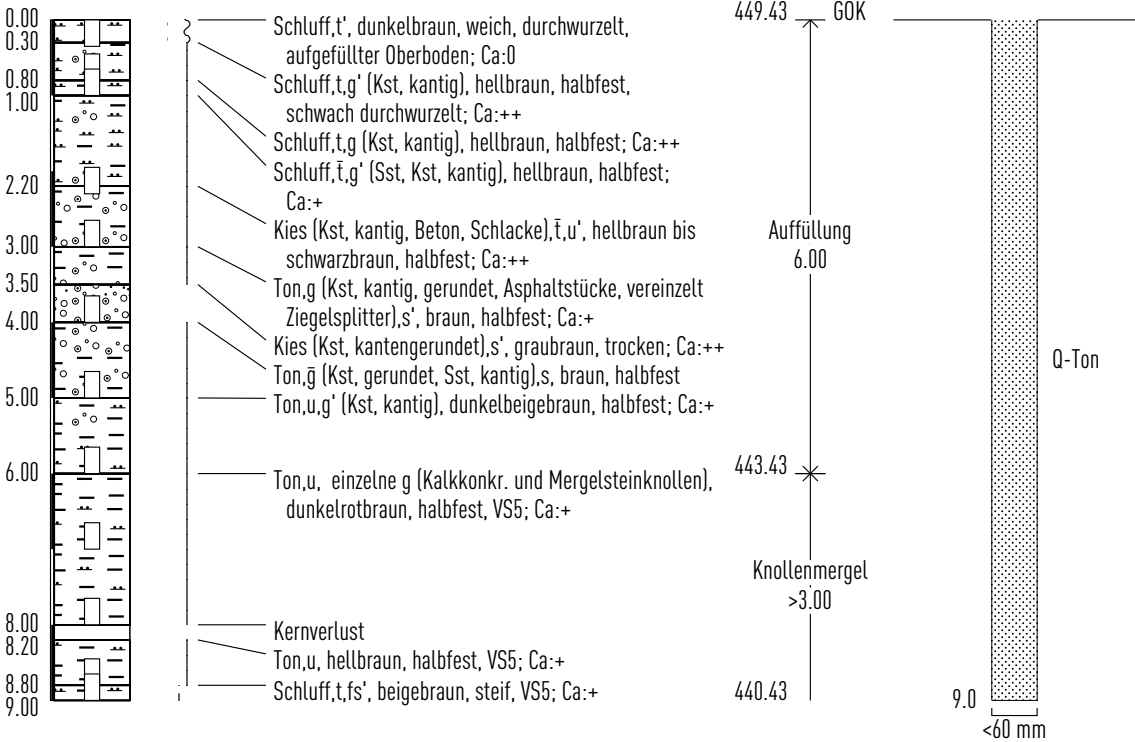
Maßstab
1:100

TK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 768,01 / H = 53 77 186,9
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 449.43 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Friedrich Klingler/S&P
am: 21.03.2024
aufgenommen von: M.Sc. Julian Hönig/S&P
am: 21.03.2024

Verfüllung

BS 3 A



von 8,0-8,2 m sehr schwer zu bohren
bei 8,0 m Bohrloch verstürzt
Bodenproben: 0.00-0.30 m; 0.30-0.80 m; 0.80-1.00 m;
1.00-2.30 m; 2.30-3.00 m; 3.00-4.00 m; 4.00-5.00 m;
5.00-6.00 m; 6.00-7.00 m; 7.00-8.00 m; 8.00-8.80 m;
8.80-9.00 m
Geruch unauffällig
Gw nicht angetroffen

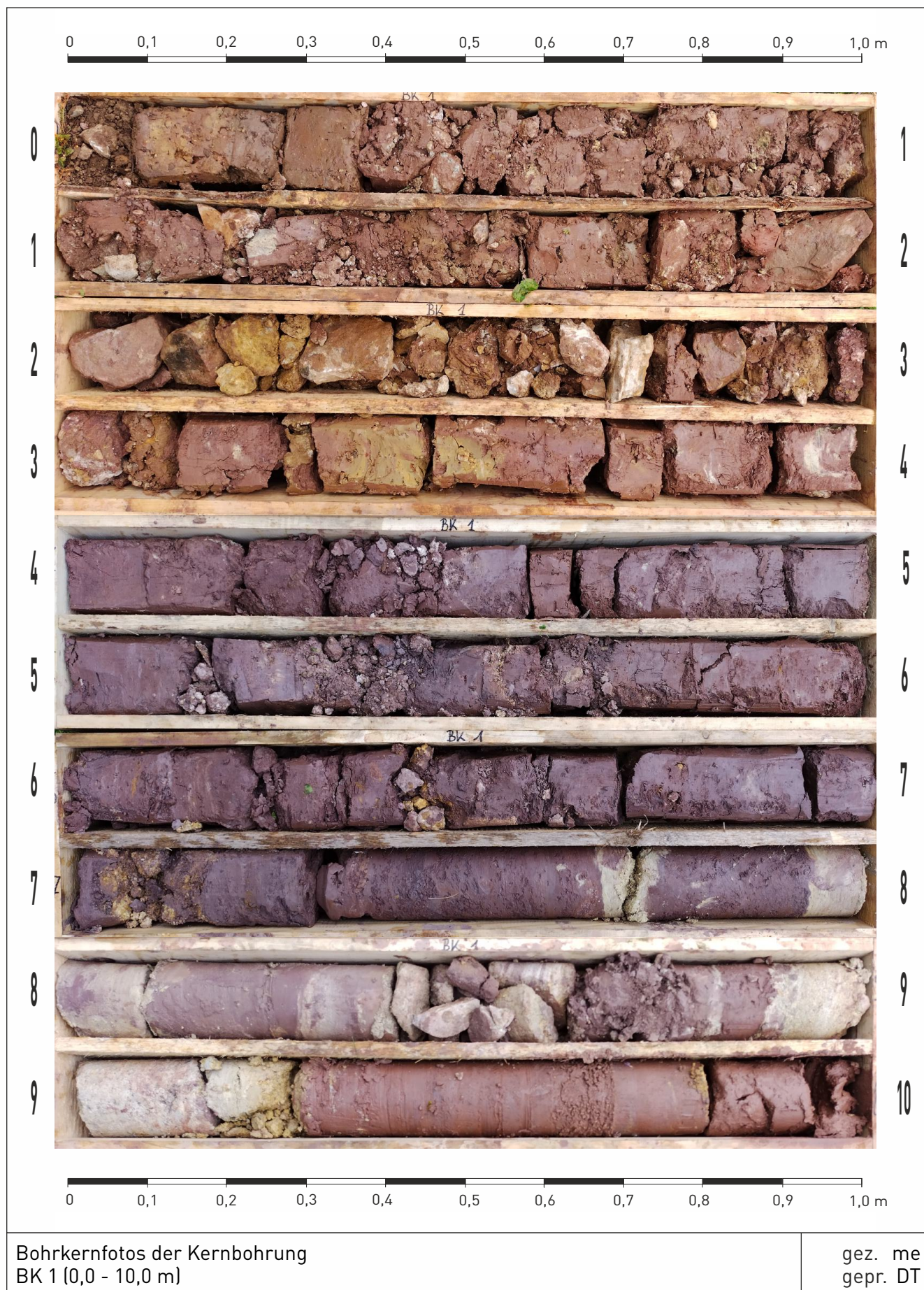
Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

Legende: Anlage 2.0

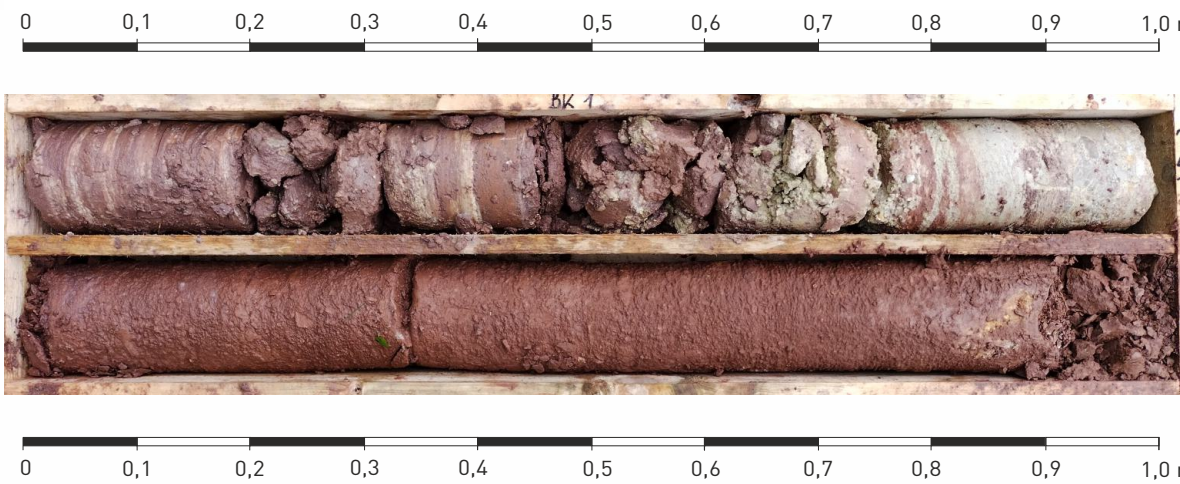
Schichtenfolge der Kleinbohrung
BS 3 A

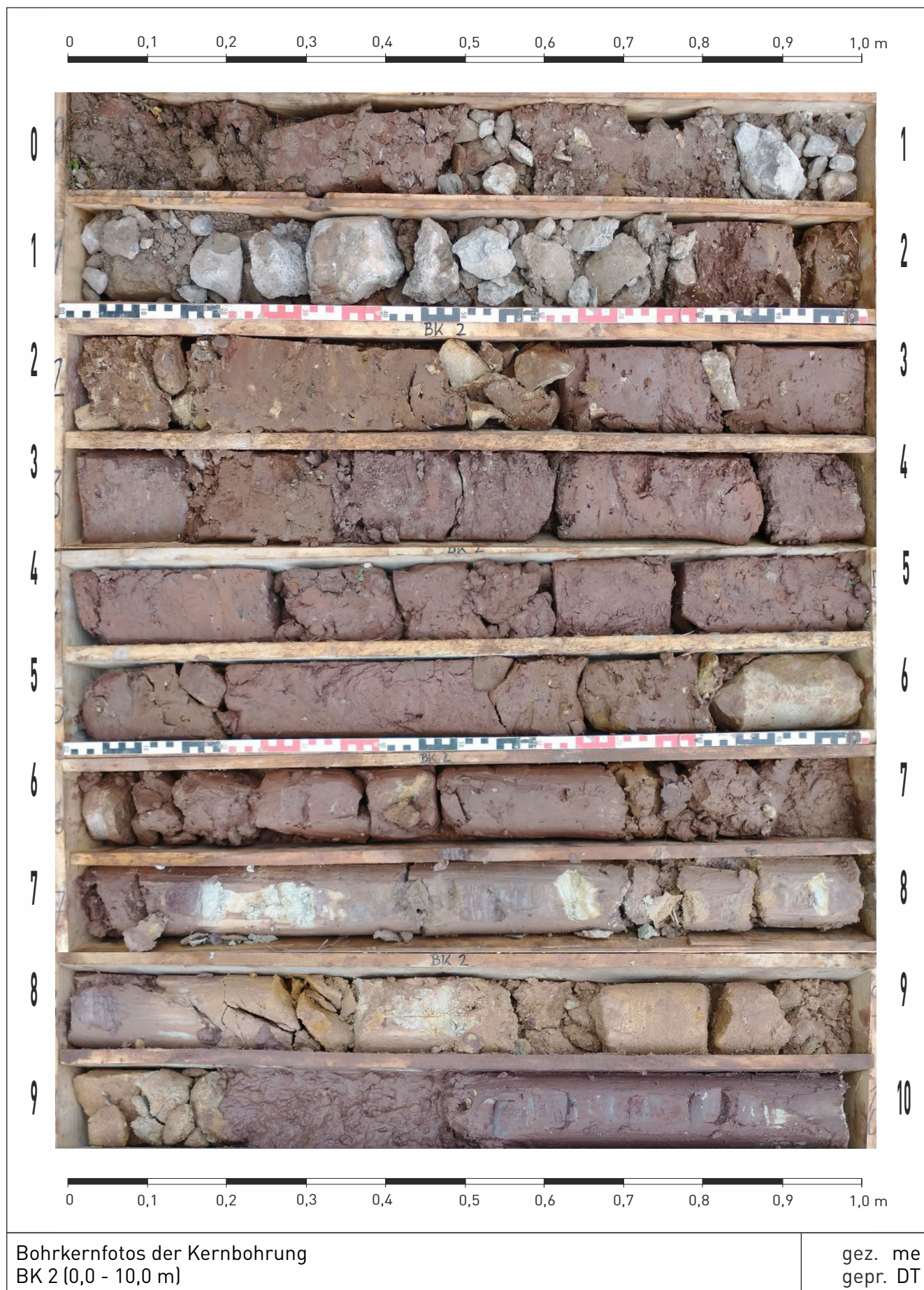
gez. me
gepr. hö

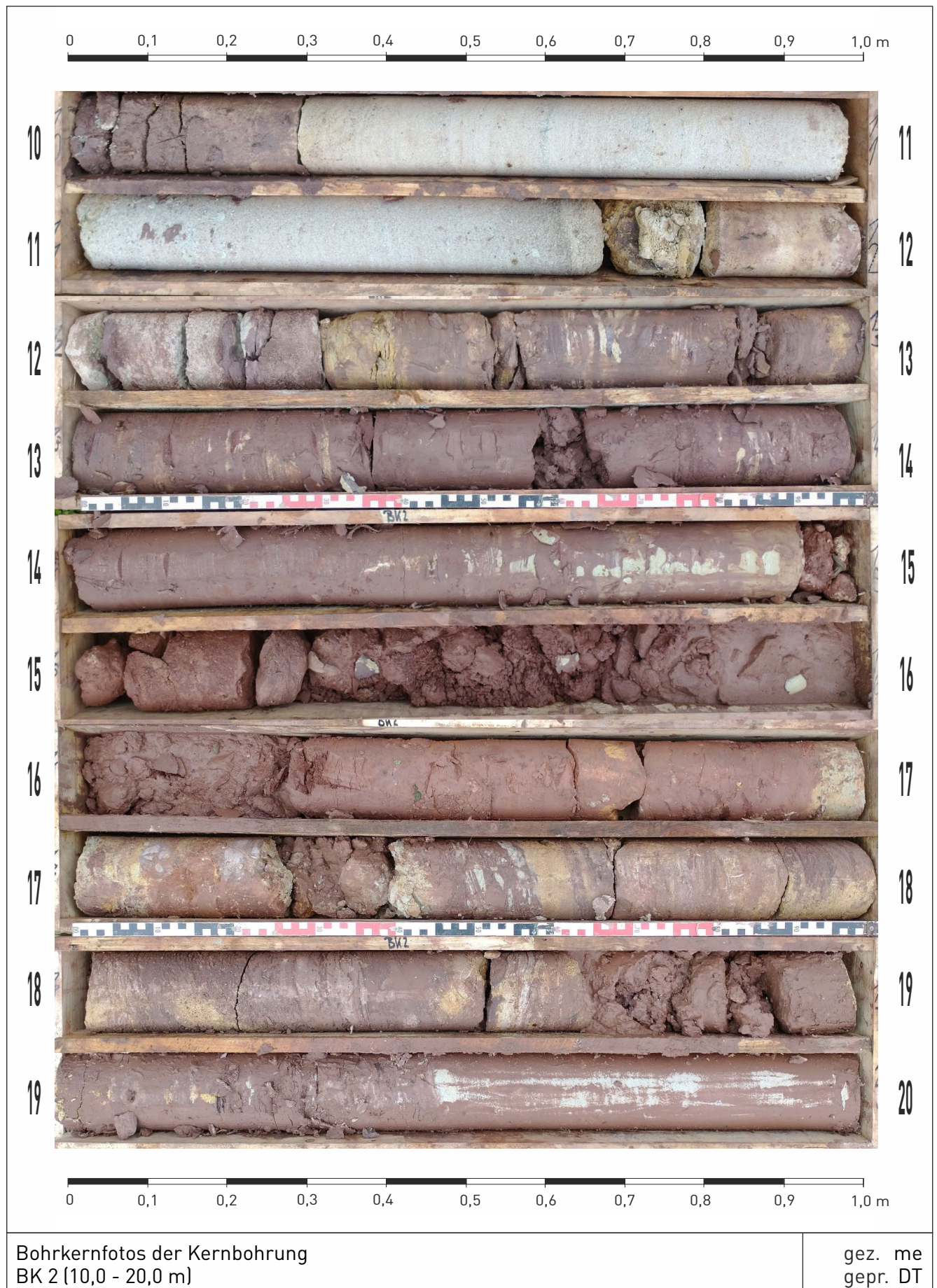
Maßstab
1:100

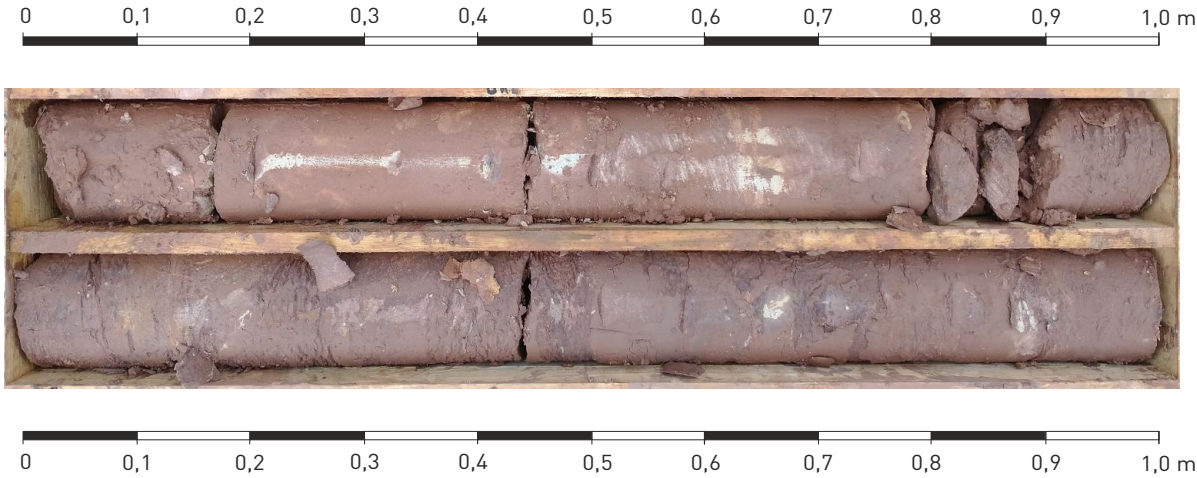


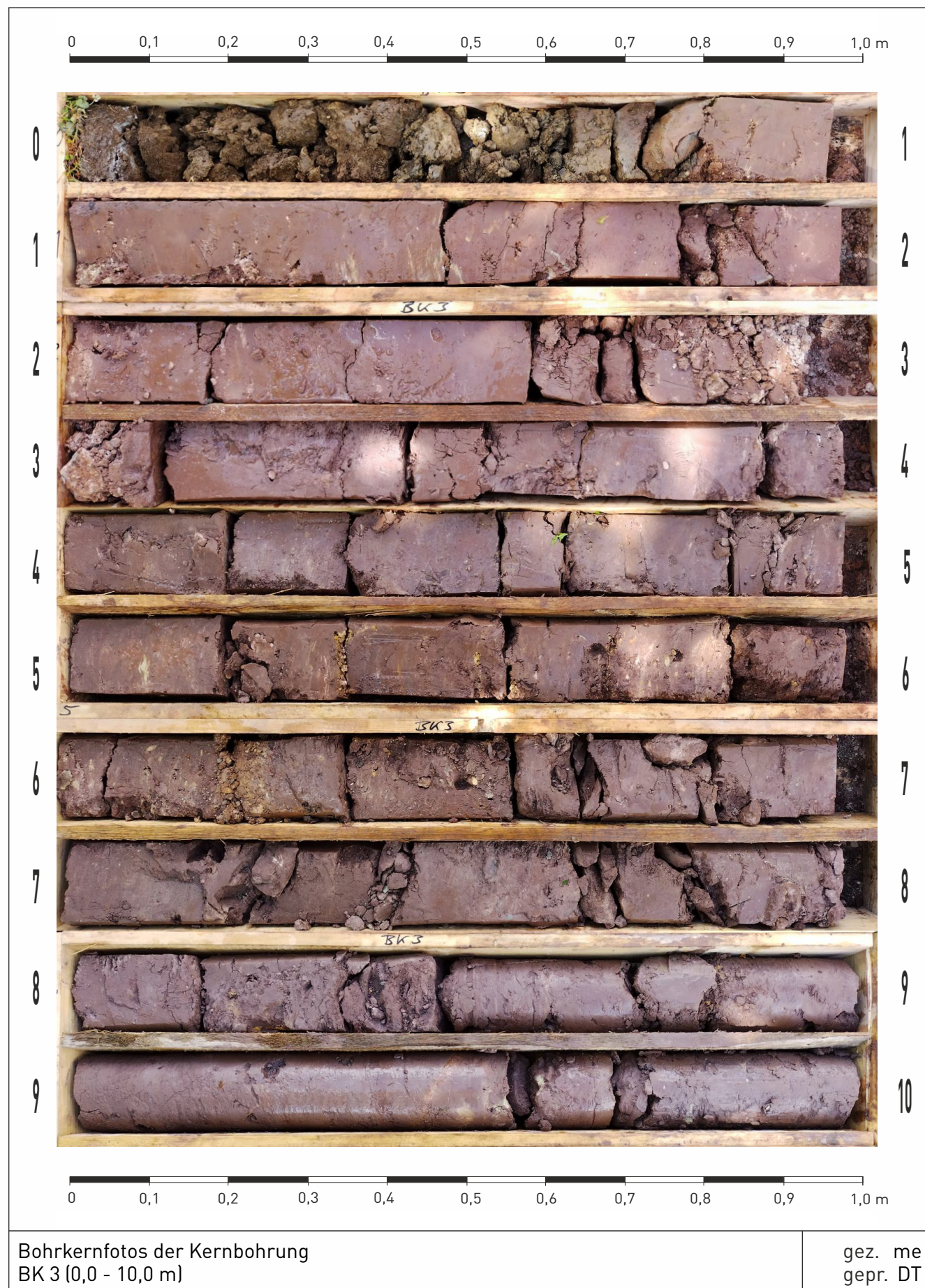


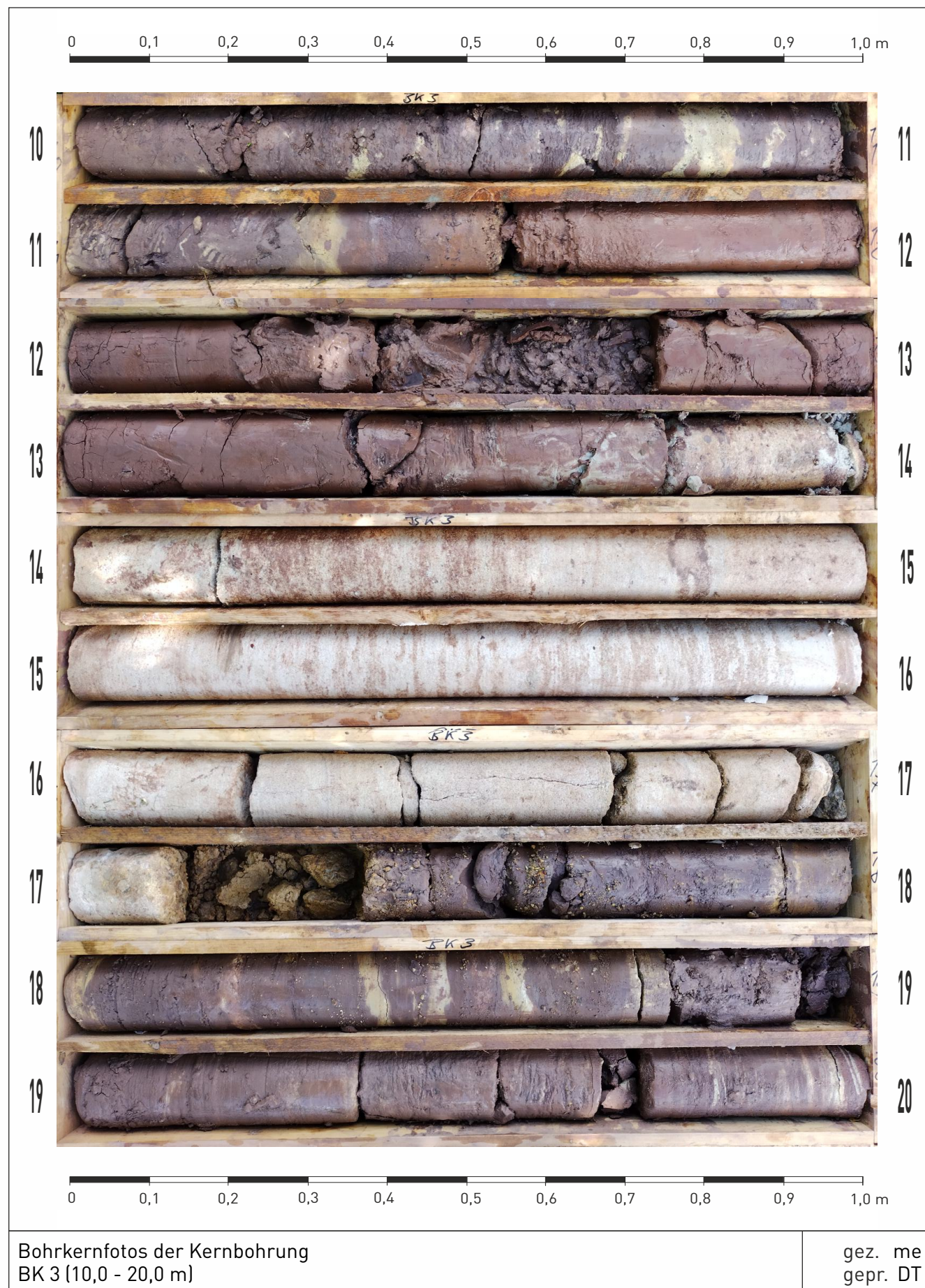
	
Bohrkernfotos der Kernbohrung BK 1 (20,0 - 22,0 m)	gez. me gepr. DT

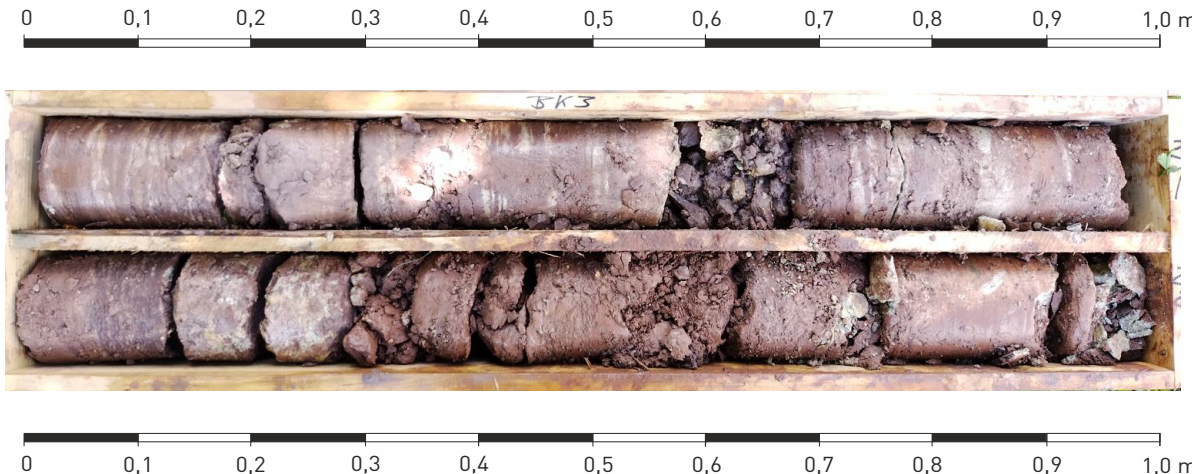


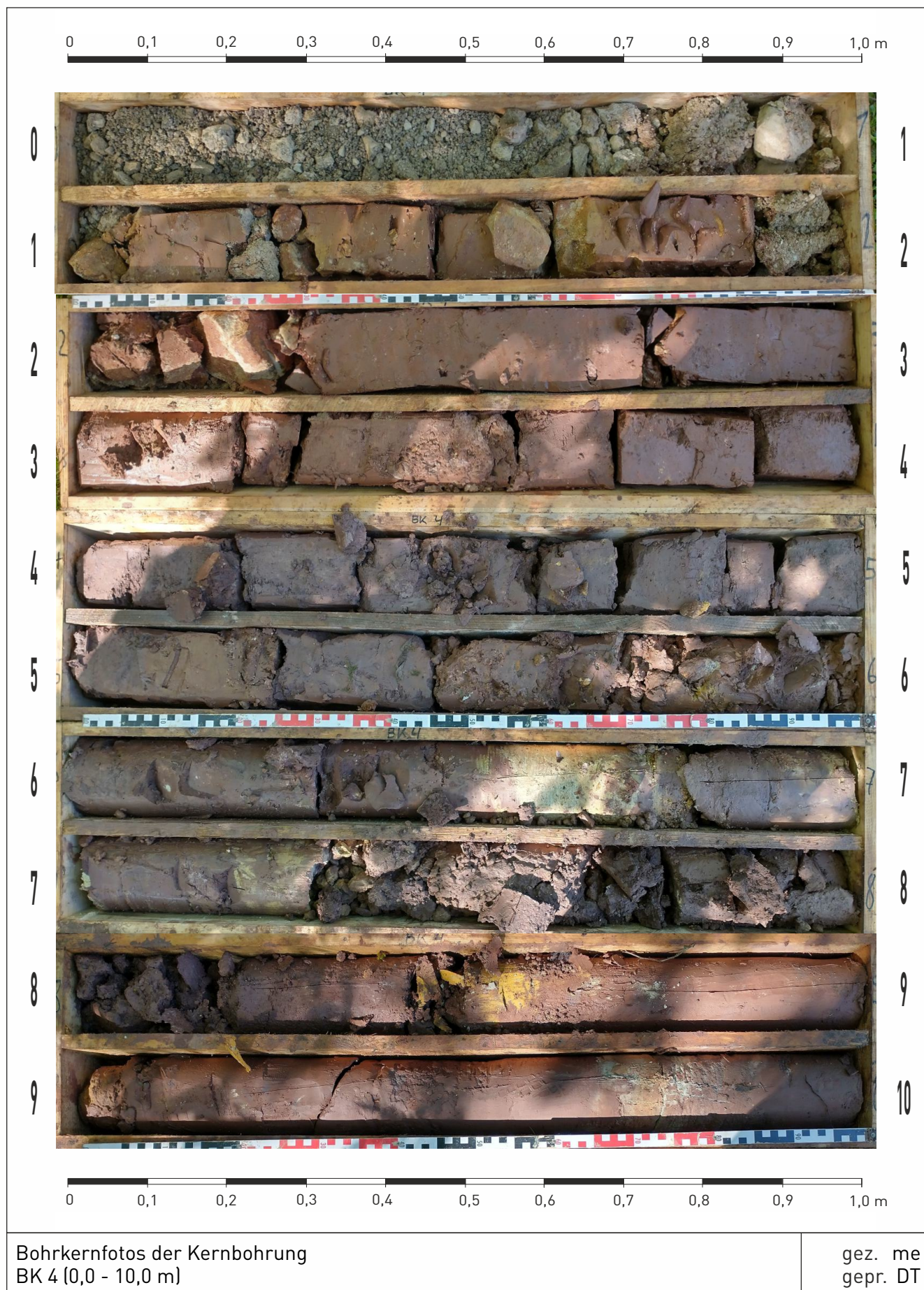


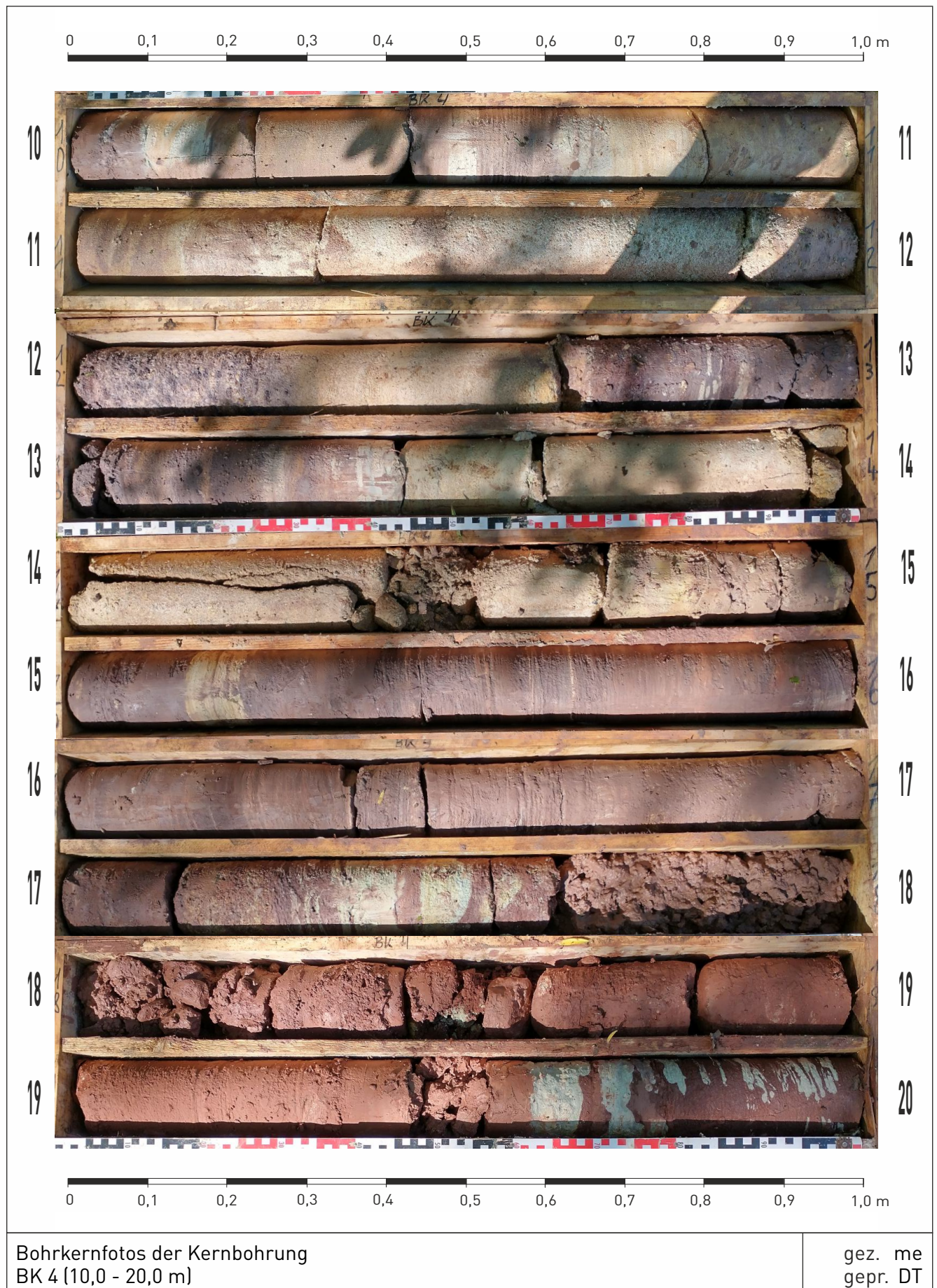
	
Bohrkernfotos der Kernbohrung BK 2 (20,0 - 22,0 m)	gez. me gepr. DT

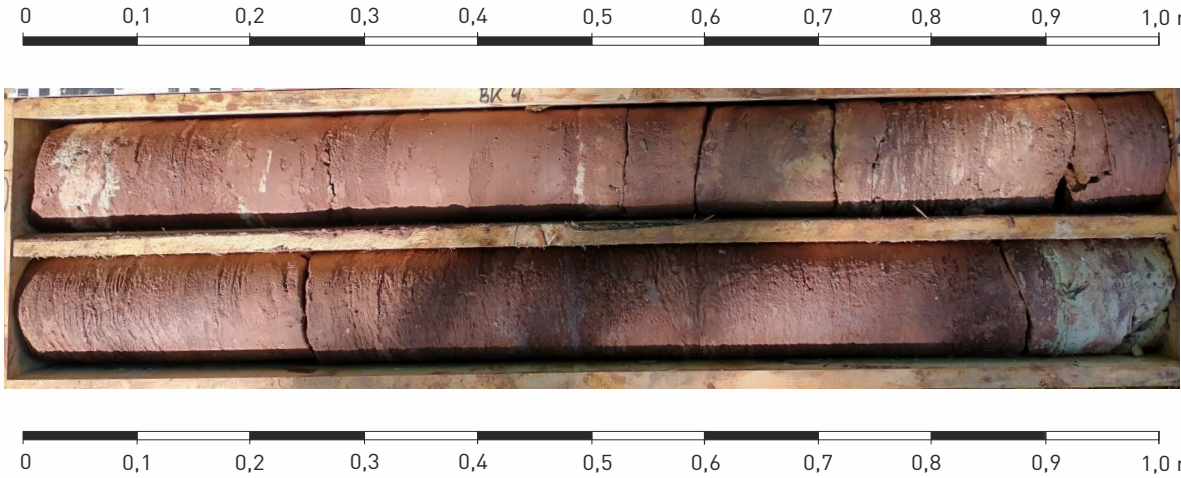




	
Bohrkernfotos der Kernbohrung BK 3 (20,0 - 22,0 m)	gez. me gepr. DT





	
Bohrkernfotos der Kernbohrung BK 4 (20,0 - 22,0 m)	gez. me gepr. DT

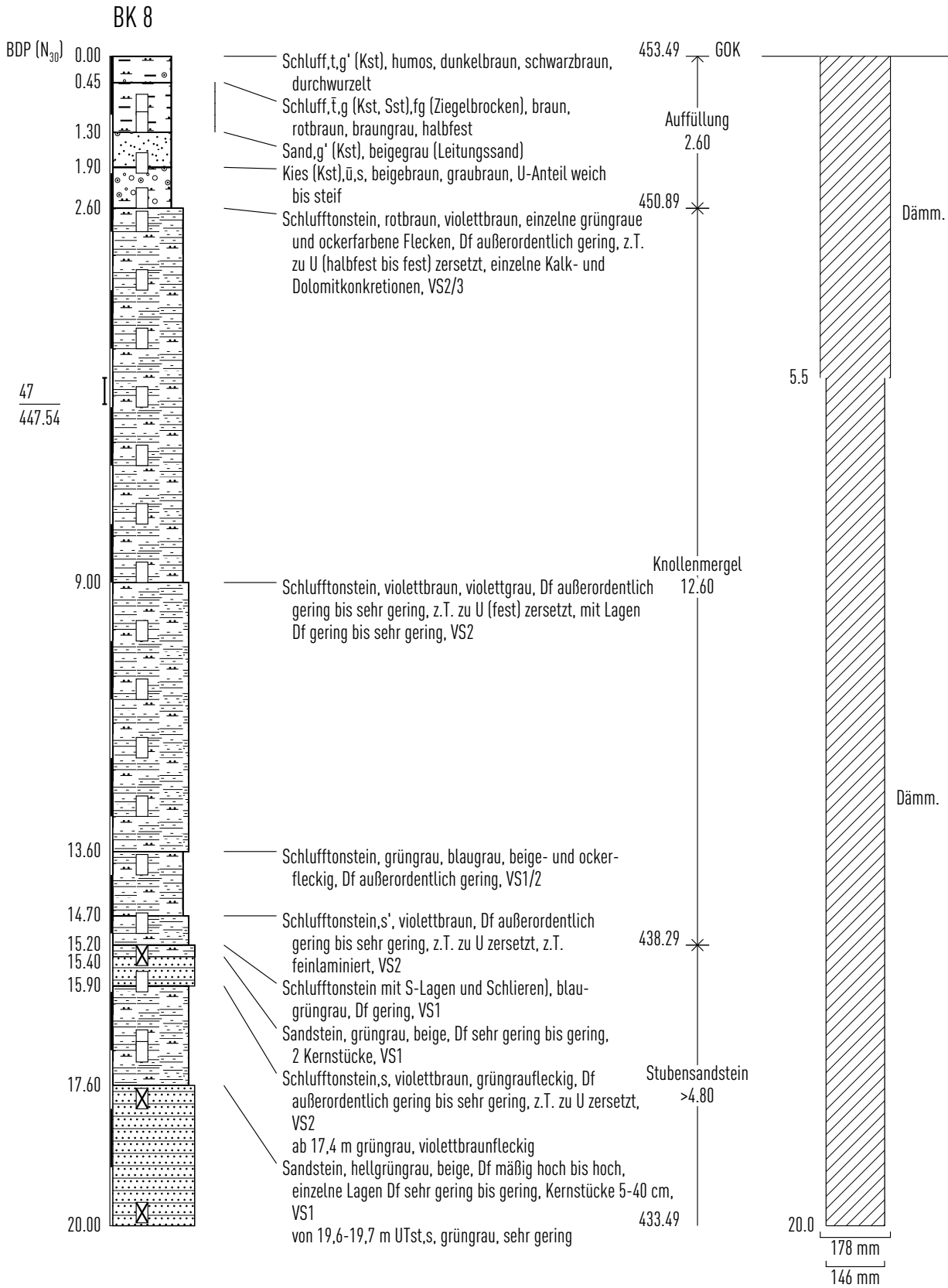
Schichtenfolgen der Kernbohrungen und Kleinbohrungen
für die Notaufnahme S&P 2024

- BK 8
- BS 8
- BS 9

(3 Blatt)

TK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 680,59 / H = 53 77 194,11
genaue Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 453.49 mNHN (= GOK)

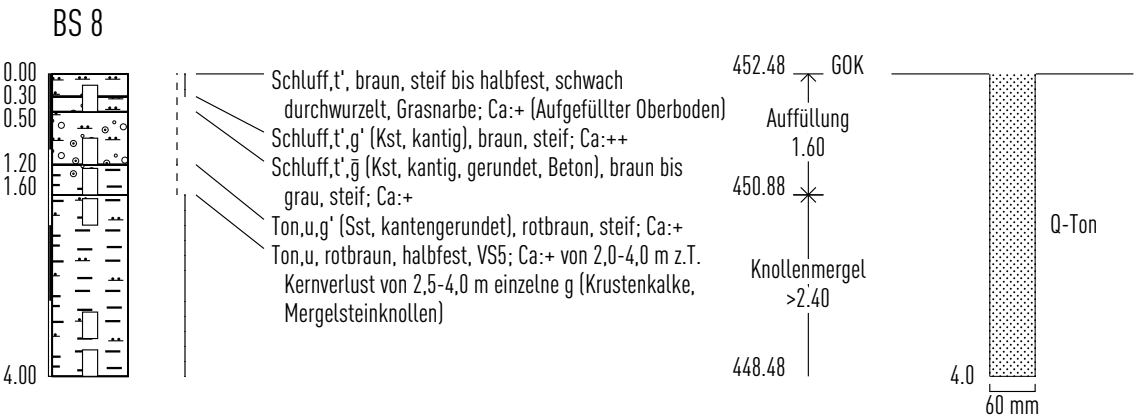
gebohrt von: Terrasond GmbH
am: 05.05.2024 - 07.05.2024
aufgenommen von: Dipl.-Geol. D. Tronich
am: 07.05.2024



TK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 693,84 / H = 53 77 201,48
Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 452.48 mNHN (= GOK)

gebohrt von: Friedrich Klingler/S&P
am: 03.04.2024
aufgenommen von: M.Sc. Julian Hönig/S&P
am: 16.04.2024

Verfüllung



Bodenproben: 0.30-0.50 m; 0.50-1.20 m; 1.20-1.60 m;
1.60-2.00 m; 2.00-3.50 m; 3.50-4.00 m
Geruch unauffällig
Gw nicht angetroffen

Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kleinbohrung
BS 8

gez. me
gepr. Hö

Maßstab
1:100

TK25: 7420 Tübingen
R = 35 02 686,8 / H = 53 77 212,27
Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 453.76 mNHN (= GOK)

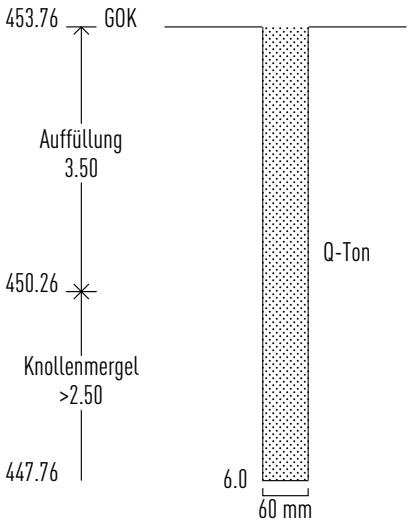
gebohrt von: Friedrich Klingler/S&P
am: 03.04.2024
aufgenommen von: M.Sc. Julian Hönig/S&P
am: 16.04.2024

Verfüllung

BS 9



- Schluff,t',fg' (Kst, gerundet), braun, weich, Grasnarbe, durchwurzelt; Ca:+ (Aufgefüllter Oberboden)
- Schluff,t,g (Kst, Dst, vereinzelt Sst, kantig, gerundet), rotbraun, steif, vereinzelt Ziegelsplitter, braun
- Schluff,s,g' (Kst, Sst, kantig), braun bis dunkelbeigebraun, weich; Ca:+
- Kernverlust
- Kies (Dst, Sst, kantig),s, grau bis dunkelbeige, erdfeucht; Ca:+
- Schluff,g (Kst, Dst, Sst, kantig, gerundet), rotbraun, steif bis halbfest; Ca:++
- Ton,u, rotbraun, halbfest, VS5; Ca:0 bis Ca:+ von 4,8-5,2 m und 5,7-5,8 m s von 5,0-6,0 m rot



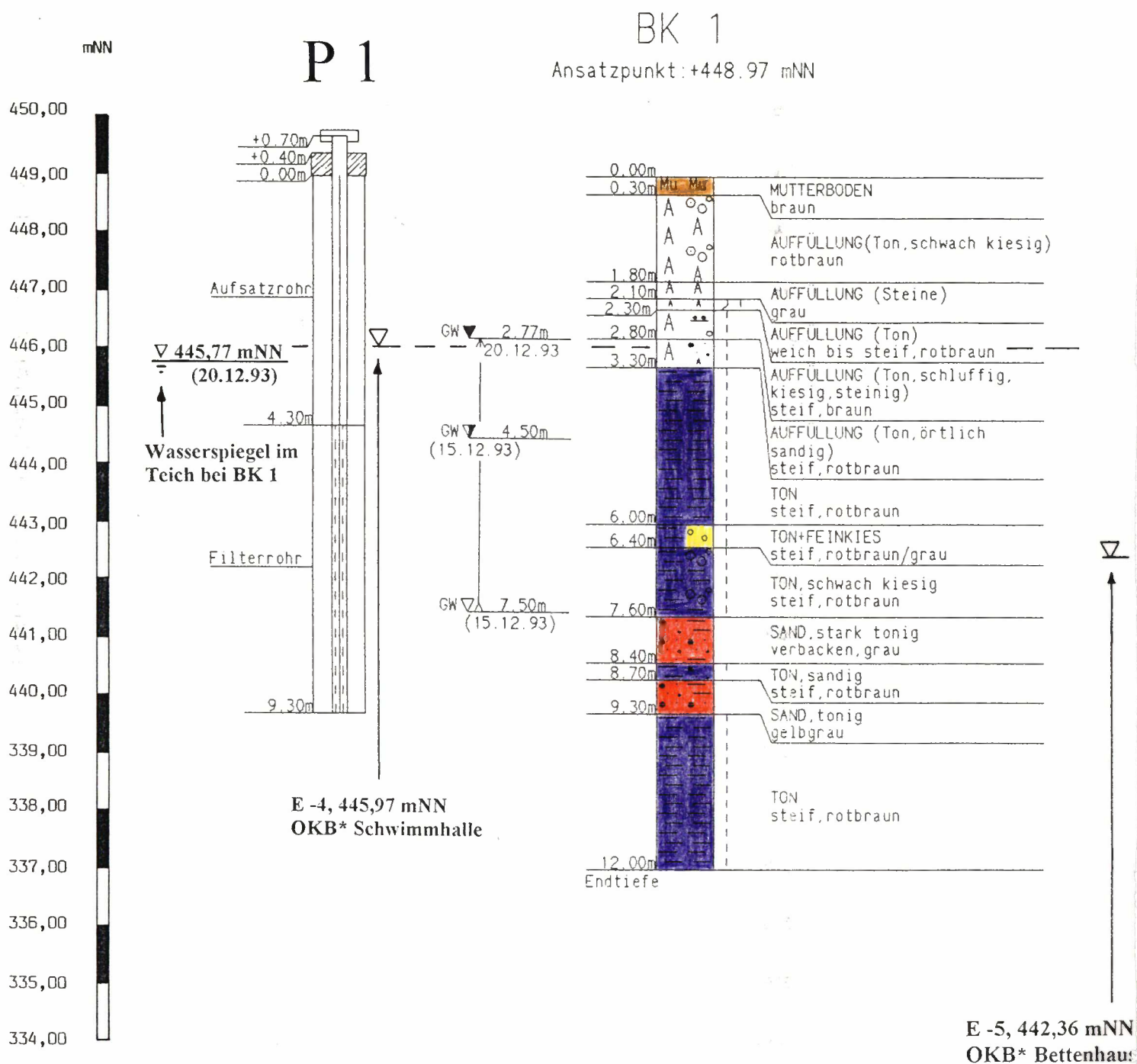
Bodenproben: 0.20-1.00 m; 1.00-1.70 m; 2.30-3.00 m;
3.00-3.50 m; 3.50-4.20 m; 4.20-5.00 m; 5.00-6.00 m
Geruch unauffällig
Gw nicht angetroffen

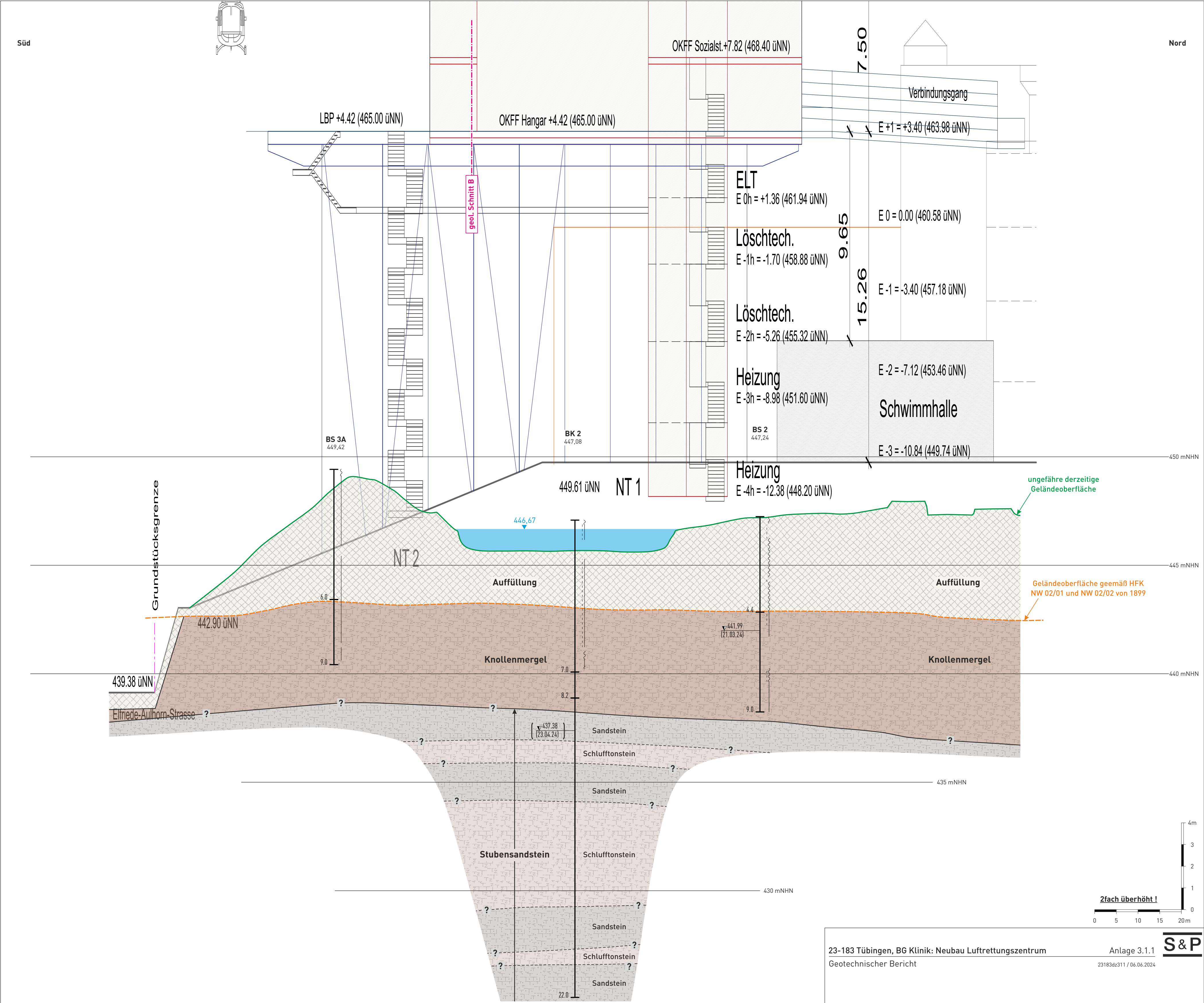
Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

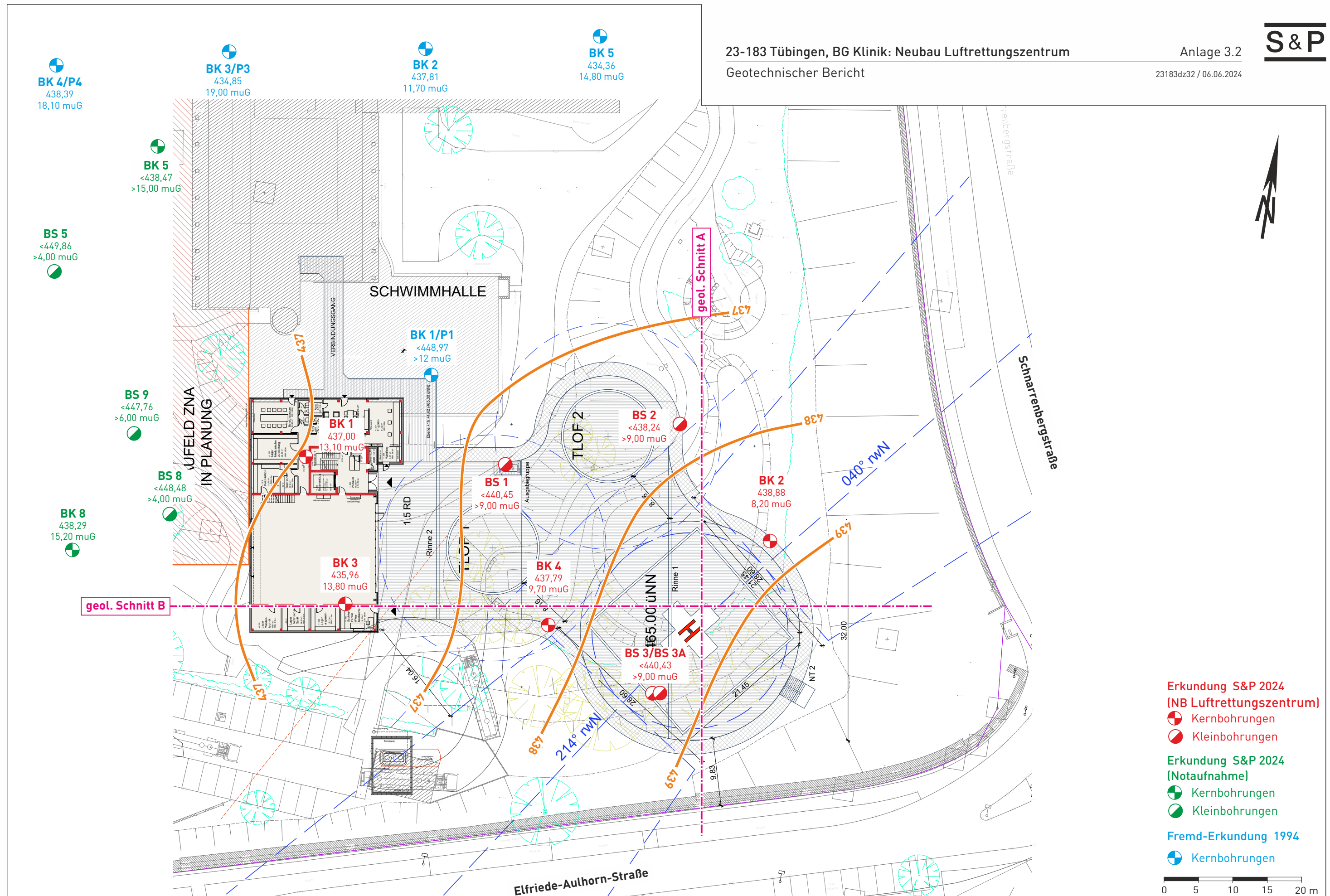
Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kleinbohrung BS 9	gez. me gepr. Hö	Maßstab 1:100
---	---------------------	------------------

Schichtenfolge der Fremdbohrung BK 1/P1 von 1994







Schichtlagerungskarte mit Höhenlage (mNHN und m u. Gel.) der Oberfläche des Stubensandstein

gez. me
gepr. DT

Maßstab
1:500

Felsmechanische Untersuchungen: Bericht Ruhr-Universität
Bochum, 27.05 2024
(12 Blatt)

Smoltczyk & Partner GmbH

Untere Waldplätze 14

D-70569 Stuttgart

Ingenieurgeologie und Felsmechanik

Gebäude IA 3/127

Ruhr-Universität Bochum

Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

PROF. DR. TOBIAS BACKERS

Fon +49 (0)234 32-23881

Fax +49 (0)234 32-14433

tobias.backers@rub.de

www.rub.de/inggeo

Dr. Mandy Duda

Fon +49 (0)234 32-19587

mandy.duda@rub.de

27.05.2024

23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum

1. Veranlassung

Die AG Ingenieurgeologie und Felsmechanik an der Ruhr-Universität Bochum wurde am 15.05.2024 von Hendrik Suttikus beauftragt, gesteinsmechanische Untersuchungen durchzuführen. Grundlage dazu waren Gesteinsproben, die am 17.05.2024 in das felsmechanische Labor der Ruhr-Universität Bochum geliefert wurden. Aufgaben waren die Erstellung entsprechender Probenkörper und folgende Untersuchungen:

- Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit
- Bestimmung der Abrasivität mit dem Cerchar-Versuch
- Durchführung des Punktlastversuchs

2. Probenvorbereitung

2.1. Einaxialer Druckversuch

Aus den angelieferten Probenstücken wurden durch Überbohren mit Wasserspülung Probenzylinder für einaxiale Druckversuche hergestellt. Gemäß der Empfehlung Nr. 1 des AK 3.3 der DGGT für die Gewinnung von Proben für einaxiale Druckversuche [1] soll für den Zylinder ein Längen-Durchmesser Verhältnis $L/D = 2:1$ erreicht werden. Nach dem Sägen wurden die Endflächen gemäß Empfehlung geschliffen, so dass die Unebenheit $< 0,02$ mm betrug. Die Probekörper wurden nach der Präparation feuchterhaltend aufbewahrt.

2.2. Wassergehalt

Wassergehalte wurden an unbearbeiteten Proben sowie nach dem einaxialen Druckversuch an Teilproben der getesteten Probekörper bestimmt.

2.3. Cerchar-Versuch

Die Durchführung der CAI-Versuche erfolgte gemäß der Empfehlung Nr. 23 des AK 3.3 der DGGT [2] an einer bruchrauen Oberfläche.

2.4. Punktlastversuch

Die Probenstücke für Punktlastversuche wurden aus den Reststücken der Bohrkerns gemäß der Empfehlung Nr. 5 des AK 3.3 der DGGT [3] mithilfe eines Hammers präpariert, sodass die Handstücke eine Höhe zwischen 25 mm und 100 mm besitzen, die Breite größer als 25 mm und die Tiefe die größte Abmessung ist.

3. Versuchsdurchführungen und Auswertungen

3.1. Einaxialer Druckversuch

Für den einaxialen Druckversuch nach [1] und [4] wurde der Probekörper in einen steifen 4000 kN Lastrahmen eingebaut und zwischen Belastungsstempeln zentriert. Der einaxiale Druckversuch wurde servo-kontrolliert nach Versuchsempfehlungen der ISRM/DGGT mit Prüfgeräten der Güteklasse 1 durchgeführt, indem in axialer Dehnungskontrolle mit einer Dehnungsrate von 10^{-5} mm/mm/s belastet und bis zum Versagen getestet wurde. Der Versuch wurde mit dem Steuergerät TestStar II_m der Fa. MTS durchgeführt. Während des Versuchs wurde mit einer Frequenz von 10 Hz Kraft (mittels kalibrierter Kraftmessdose) und Längsverformung (mittels kalibrierter LVDTs mit einer Auflösung von 10^{-7} m) gemessen.

Während der Versuchsdurchführung wurden in einer Frequenz von 10 Hz die einaxiale Druckspannung und die axiale Dehnung in Echtzeit am Bildschirm beobachtet und gesteuert. Dabei wurden folgende Berechnungsformeln verwendet:

axiale Spannung $\sigma_a = F / (0,25 \cdot \pi D^2)$ [MPa]

axiale Dehnung $\varepsilon_a = \Delta l / l$ [mm/mm]

Die einaxiale Druckfestigkeit σ_c wurde als Maximalwert in den Spannungs-Dehnungskurven abgelesen, die aus den Daten der einaxialen Druckversuche erstellt wurden. Der Verformungsmodul V wurde im Bereich von 40% bis 60% der einaxialen Druckfestigkeit an kalibrierten Dehnungsdaten bestimmt.

3.2. Wassergehalt

Die Wassergehalte wurden durch Trocknung von Teilproben bis zur Massenkonstanz bei 60°C über das Verhältnis aus Masseverlust zu Trockenmasse ermittelt. Der zusätzlich ermittelte Masseanteil bezieht den Masseverlust auf die Feuchtmasse.

3.3. Cerchar-Versuch

Die Beurteilung der Abrasivität erfolgte mittels Cerchar-Versuch (CAI) nach [2] mit dem Prüfgerät nach West. Mit dem Cerchar-Verfahren wird das Verschleißverhalten von Gesteinen direkt getestet, was eine unmittelbare Beurteilung der entsprechenden Gesteinsabrasivität zulässt.

Die Versuchsanordnung besteht aus einer beweglichen Einspannvorrichtung (Schlitten) zur Aufnahme der Probe sowie aus einem fixierten Prüfstift definierter Geometrie und Härte (Stahlstift mit Rockwell-Härte HRC 54-56), der an einem 7 kg Gewicht befestigt ist. Der Prüfstift wird behutsam auf die Probenoberfläche gelegt. Die Prüfkörperoberfläche wird mit Hilfe des Schlittens gleichmäßig 10 mm unter der Prüfspitze bewegt. Der CAI berechnet sich aus der Abnutzung des Stahlstiftes.

Dieser Versuch wurde fünfmal (mit jeweils neuer Prüfspitze) für jede Probe durchgeführt. Die Abnutzung D_j [mm] der Prüfspitze wurde unter einem Auflichtmikroskop mit einer Genauigkeit von $\leq 0,01$ mm an vier im 90° Winkel zueinanderstehenden Seitenansichten (d_i) bestimmt und gemittelt. Die Werte der fünf Einzelmessungen werden ebenfalls gemittelt (D_m). Der einzelne Cerchar Abrasivitäts-Index (CAI) berechnet sich daraus mit

$$\text{CAI} = D_m \cdot 10 \text{ mm}^{-1}.$$

Der CAI-Wert der Probe ist der Mittelwert aus fünf Einzelwerten. Zu den CAI werden die Standardabweichungen SD und Standardfehler SEM angegeben. Die Gesteinsabrasivität wird nach [2] klassifiziert.

Tabelle 1: Klassifizierung der Abrasivität beim Cerchar-Versuch nach [2].

CAI	Klassifizierung
0,1 – <0,5	Extrem niedrig
0,5 – <1,0	Sehr niedrig
1,0 – <2,0	Niedrig
2,0 – <3,0	Mittel
3,0 – <4,0	Hoch
4,0 – <5,0	Sehr hoch
$\geq 5,0$	Extrem hoch

3.4. Punktlastversuch

Der Punktlastversuch nach [3] liefert einen Indexwert für die Festigkeit eines Gesteins. Zur Versuchsdurchführung wird ein Punktlastgerät benötigt, welches aus einem steifen Rahmen mit Belastungseinrichtung besteht, wobei die Belastungskapazität mindestens 50 kN beträgt. Außerdem sind eine Anordnung zum Messen der Bruchkraft F_B sowie eine Einrichtung zum Messen des Lastpunktabstandes vorhanden. Die Abmessungen der Proben müssen dabei einige Anforderungen erfüllen, die sich je nach Geometrie der Probe unterscheiden (Zylinder, Quader oder Handstück). Die Proben wurden mittig zwischen die Lasteinleitungspunkte eingespannt, wobei der Abstand zwischen den Kegelspitzen den Lastpunktabstand darstellt. Mittels Hydraulikpumpe wurde die Probe bis zum Versagen belastet und die Bruchkraft abgelesen.

Der Punktlastindex berechnet sich nach der Formel $i_S = F_B/A$, wobei A die Bruchfläche in mm^2 darstellt. Weicht der Lastpunktabstand um mehr als 5 mm vom Bezugsabstand 50 mm ab, wird folgende Korrekturformel verwendet:

$$i_{S(50)} = (A/2500)^{0,225} \cdot i_S.$$

4. Ergebnisse

4.1. Wassergehalt

Tabelle 2: Wassergehalt w_0 und Masseanteil $w_{0,m}$ bei Anlieferung.

Bohrung	Tiefe (m)	w_0 (%)	$w_{0,m}$ (%)
BK2	11,55 – 11,70	3,15	3,06
BK4	12,60 – 12,75	13,43	11,84

4.2. Einaxialer Druckversuch

Tabelle 3: Ergebnisse der einaxialen Druckversuche - Probenlänge L , Durchmesser D , Einbaudichte ρ , einaxiale Druckfestigkeit σ_c (bei Anwendung der Größenkorrektur nach [1] Angabe der unkorrigierten einaxialen Druckfestigkeit in Klammern), sowie Verformungsmodul V (die Ablesebereiche können dem Anhang entnommen werden), Wassergehalt w und Masseanteil w_m nach dem Versuch.

Bohrung	Tiefe (m)	L (mm)	D (mm)	L/D (-)	ρ (g/cm ³)	σ_c (MPa)	V (GPa)	w (%)	w_m (%)
BK2	11,55 – 11,70	81,23	39,93	2,03	2,32	30,8	19,2	7,05	6,58
BK4	12,60 – 12,75	83,51	39,78	2,10	2,34	20,8	8,1	7,24	6,75

4.3. Cerchar-Versuch

Tabelle 4: Ergebnisse CAI aus fünf Einzelversuchen. SD: Standardabweichung, SEM: Standardfehler. Die Einzelergebnisse werden im Anhang aufgeführt.

Bohrung	Tiefe (m)	Fläche	CAI	SD	SEM	Klassifizierung
BK2	11,55 – 11,70	Bruchrau	2,2	0,58	0,26	mittel
BK4	12,60 – 12,75	Bruchrau	1,5	0,38	0,17	niedrig

4.4. Punktlastversuch

Tabelle 5: Ergebnisse der Punktlastversuche – Bruchfläche A_B , Bruchkraft F_B , Punktlastindex i_s , größenkorrigierter Punktlastindex $i_{s(50)}$. In der Spalte „Bemerkung“ ist aufgeführt, ob der Probekörper axial oder diametral belastet wurde.

Bohrung	Tiefe (m)	Bemerkung	A_B (mm ²)	F_B (N)	i_s (MPa)	$i_{s(50)}$ (MPa)
BK2	11,55 – 11,70	diametral	4410	6677	1,5	1,7
		diametral	3969	5411	1,4	1,5
		axial	2500	5209	2,1	2,1
		axial	2646	5583	2,1	2,1
		axial	1692	3281	1,9	1,8
BK4	12,60 – 12,75	diametral	5000	3943	0,8	0,9
		axial	3360	547	0,2	0,2
		axial	2961	633	0,2	0,2
		axial	2440	806	0,3	0,3
		diametral	2880	4288	1,5	1,5

5. Literaturverzeichnis

- [1] T. Mutschler, „Neufassung der Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.: Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern,“ *Bautechnik*, Bd. 81, Nr. 10, pp. 825-834, 2004.
- [2] H. Käsling und R. Plinninger, „Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch,“ *Bautechnik*, Bd. 93, Nr. 6, pp. 409-415, 2016.
- [3] K. Thuro, „Empfehlung Nr. 5 des Arbeitskreises 3.3 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.: Punktlastversuche an Gesteinsproben (Bautechnik 6/2010),“ *Bautechnik*, Bd. 87, Nr. 6, pp. 322-330, 2010.
- [4] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 18141-1:2014-05 Baugrund - Untersuchung von Gesteinsproben - Teil 1: Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit,“ 2014.

Für Fragen stehe ich Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung und verbleibe
mit freundlichem Glückauf

Ruhr-Universität Bochum
Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik
Ingenieurgeologie u. Felsmechanik Geb. IA4/137
Universitätsstr. 150
D-44801 Bochum



Prof. Dr. Tobias Backers

Prof. Dr. Tobias Backers



Dr. Mandy Duda

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM | 44780 Bochum | Germany

FAKULTÄT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Smoltczyk & Partner GmbH
Untere Waldplätze 14

D-70569 Stuttgart

Ingenieurgeologie und Felsmechanik

Gebäude IA 3/127
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

PROF. DR. TOBIAS BACKERS

Fon +49 (0)234 32-23881
Fax +49 (0)234 32-14433
tobias.backers@rub.de
www.rub.de/inggeo

Dr. Mandy Duda

Fon +49 (0)234 32-19587
mandy.duda@rub.de

27.05.2024

23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum - Anhang

- (A) Proben bei Anlieferung
- (B) Einaxialer Druckversuch
- (C) Cerchar-Versuch

(A) Proben bei Anlieferung



Abbildung 1: Proben bei Anlieferung, BK2 und BK4.

(B) Einaxialer Druckversuch

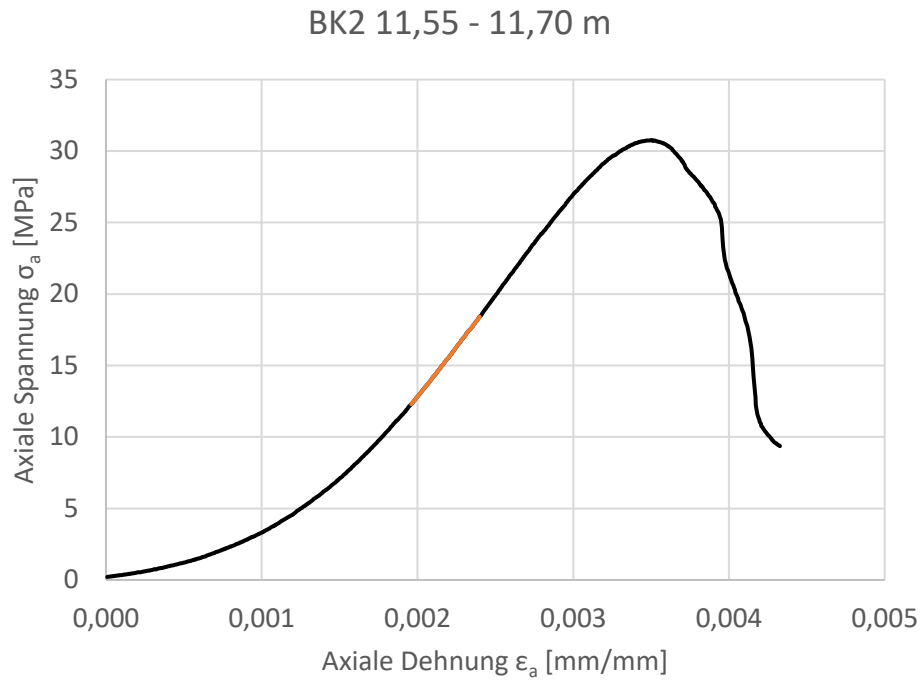


Abbildung 2: Einaxialer Druckversuch Probe BK2 11,55 – 11,70 m: Spannungs-Dehnungs-Kurve mit Ablesebereich der elastischen Kennwerte (oben); Probe vor dem Versuch (links unten) und nach dem Versuch (rechts unten).

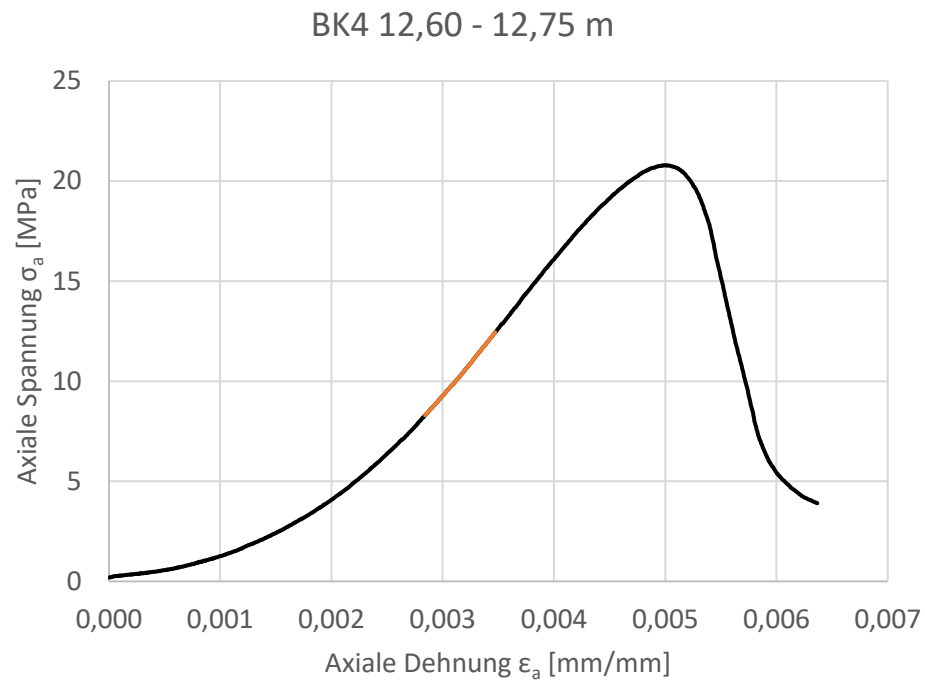


Abbildung 3: Einaxialer Druckversuch Probe BK4 12,60 – 12,75 m: Spannungs-Dehnungs-Kurve mit Ablesebereich der elastischen Kennwerte (oben); Probe vor dem Versuch (links unten) und nach dem Versuch (rechts unten).

(C) Cerchar-Versuch

Proben-Nr.: BK2 11,55 - 11,70 m
 Zustand der Prüfoberfläche: Bruchrau
 Schichtung/Schieferung: keine
 Lagerung der Prüfkörper (nach Anlieferung): Felsmechanisches Labor RUB
 Wassergehalt: bergfeucht

Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5
Ablesung d_1 [mm]	0,255	0,175	0,141	0,297	0,213
Ablesung d_2 [mm]	0,282	0,168	0,160	0,305	0,213
Ablesung d_3 [mm]	0,263	0,168	0,141	0,290	0,210
Ablesung d_4 [mm]	0,282	0,164	0,145	0,301	0,202
Prüfstiftabnutzung D_j [mm]	0,271	0,169	0,147	0,298	0,210

Mittlere Prüfstiftabnutzung D_m^* [mm] 0,22
 Korrigierte Prüfstiftabnutzung D_m [mm] (nur sägerau)
Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) [-] **2,2**
 Standardabweichung SD 0,58
 Standardfehler SEM 0,26

Klassifizierung **mittel**

Fotodokumentation:



Gerätespezifikation: Prüfgerät Typ 2 nach West

Proben-Nr.: BK4 12,60 - 12,75 m
Zustand der Prüfoberfläche: Bruchrau
Schichtung/Schieferung: keine
Lagerung der Prüfkörper (nach Anlieferung): Felsmechanisches Labor RUB
Wassergehalt: bergfeucht

Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5
Ablesung d_1 [mm]	0,095	0,221	0,164	0,145	0,137
Ablesung d_2 [mm]	0,095	0,210	0,149	0,141	0,141
Ablesung d_3 [mm]	0,099	0,210	0,160	0,145	0,137
Ablesung d_4 [mm]	0,096	0,217	0,156	0,141	0,145
Prüfstiftabnutzung D_j [mm]	0,096	0,215	0,157	0,143	0,140

Mittlere Prüfstiftabnutzung D_m^* [mm] 0,15
Korrigierte Prüfstiftabnutzung D_m [mm] (nur sägerau)
Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) [-] **1,5**
Standardabweichung SD 0,38
Standardfehler SEM 0,17

Klassifizierung **niedrig**

Fotodokumentation:



Gerätespezifikation: Prüfgerät Typ 2 nach West

Auswertung nach VwV BodenverwertungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 1 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2305114-1, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt ²⁾	Einstufung
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	0,18	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	0,019	Z 0
Σ PCB 7	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	0	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
Σ BTEX (7)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	0	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	0	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	0	Z 0
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	6,8	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	14	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	30	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	13	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	26	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	0	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	0	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	51	Z 0
pH-Wert	E	-	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	8,3	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	110	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	0	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	3	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	0	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	0	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	0	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	0	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	0	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	0	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	0	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	0	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	0	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	0	Z 0

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat**Gesamteinstufung: Z 0**²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

< BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteilen wurde auf < 10% geschätzt.

Alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten.

Auswertung nach VwV BodenverwertungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 2 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2305114-2, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt ²⁾	Einstufung
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	0,01	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	0	Z 0
Σ PCB 7	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	0	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
Σ BTEX (7)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	0	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	0	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	0	Z 0
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	4,5	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	5,3	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	9,8	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	12	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	8,7	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	0	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	0	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	26	Z 0
pH-Wert	E	-	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	9,1	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	91	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	0	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	5,2	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	0	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	0	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	0	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	0	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	0	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	0	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	0	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	0	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	0	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	0	Z 0

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat**Gesamteinstufung: Z 0**²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

< BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteilen wurde auf < 10% geschätzt.

Alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten.

Auswertung nach VwV BodenverwertungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 3 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2305114-3, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt ²⁾	Einstufung
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	0,28	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	0,024	Z 0
Σ PCB 7	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	0	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
Σ BTEX (7)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	0	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	0	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	0	Z 0
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	3	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	8,6	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	23	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	14	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	16	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	0	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	0	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	37	Z 0
pH-Wert	E	-	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	8,5	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	140	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	3,6	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	7,7	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	0	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	0	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	0	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	0	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	0	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	0	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	0	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	0	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	0	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	0	Z 0

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat**Gesamteinstufung: Z 0**²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

< BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteilen wurde auf < 10% geschätzt.

Alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten.

Auswertung nach VwV BodenverwertungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 4 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2305114-4, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt ²⁾	Einstufung
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	2,2	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	0,14	Z 0
Σ PCB 7	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	0	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
Σ BTEX (7)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	0	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	0	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	0	Z 0
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	2,4	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	8	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	11	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	16	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	11	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	0	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	0	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	26	Z 0
pH-Wert	E	-	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	8,7	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	130	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	0	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	14	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	0	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	0	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	0	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	0	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	0	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	0	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	0	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	0	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	0	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	0	Z 0

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat**Gesamteinstufung: Z 0**²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

< BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteilen wurde auf < 10% geschätzt.

Alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten.

Auswertung nach Ersatzbaustoffverordnung

Probe Nr. / Bezeichnung:	MP 5 Knollenmergel vollst. verw. bis zersetzt
--------------------------	--

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-5, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Ton

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	0	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,16	BM-0	
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	1,1	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	100	140	140	140	140	700	11	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1,5	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	100	120	120	120	120	600	29	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	60	80	80	80	80	320	5,2	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	70	100	100	100	100	350	26	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	200	300	300	300	300	1200	46	BM-0	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	11	BM-0	

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach Ersatzbaustoffverordnung

Probe Nr. / Bezeichnung:	MP 6 Knollenmergel mäßig bis stark verw.
--------------------------	---

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-6, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	0	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,01	BM-0	
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	0	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	70	140	140	140	140	700	12	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	120	120	120	120	600	49	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	40	80	80	80	80	320	4,1	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	50	100	100	100	100	350	28	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	150	300	300	300	300	1200	39	BM-0	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	5,2	BM-0	

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach VwV Bodenverwertung

Probe Nr. / Bezeichnung: **MP 7 Stubensandstein**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405156, Analytik-Team, Fellbach, vom 03.06.24

Bodenart: Sand

Parameter	¹⁾	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt ²⁾	Einstufung
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	0	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	0	Z 0
Σ PCB 7	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	0	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
Σ BTEX (7)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	0	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	0	Z 0
MKW [C10-22]	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	0	Z 0
MKW [C10-40]	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	0	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	0	Z 0
Arsen	FS	mg/kg	10	15	15	45	45	150	1,5	Z 0
Blei	FS	mg/kg	40	100	140	210	210	700	3,5	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	0,4	1	1	3	3	10	0	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	30	100	120	180	180	600	11	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	20	60	80	120	120	400	8,1	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	15	70	100	150	150	500	7,6	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,1	1	1	1,5	1,5	5	0	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,4	0,7	0,7	2,1	2,1	7	0	Z 0
Zink	FS	mg/kg	60	200	300	450	450	1500	36	Z 0
pH-Wert	E	-	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	9,2	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	81	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	0	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	6	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	0	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	0	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	0	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	0	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	0	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	0	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	0	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	0	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	0	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	0	Z 0

¹⁾ FS = Feststoff; E = EluatGesamteinstufung: **Z 0**²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

< BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:

Alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten

Auswertung nach ErsatzbaustoffverordnungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 1 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-1, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	10	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0,41	BM-0	
MKW (C10-22)	FS	mg/kg		300	300	300	300	1000	0	BM-0*	8)
MKW (C10-40)	FS	mg/kg		600	600	600	600	2000	0	BM-0*	8)
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,2	BM-0	
Benzol(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0,019	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	6,8	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	70	140	140	140	140	700	14	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	120	120	120	120	600	30	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	40	80	80	80	80	320	13	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	50	100	100	100	100	350	26	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	150	300	300	300	300	1200	51	BM-0	
pH-Wert ⁴⁾	E	-			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0	8,3	BM-F0*	
el. Leitfähigkeit ⁴⁾	E	µS/cm		350	350	500	500	2000	250	BM-0*	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	20	BM-0	
Arsen	E	µg/l		8	12	12	85	100	0	BM-0	5)
Blei	E	µg/l		23	35	35	250	470	6,1	BM-0	5)
Cadmium	E	µg/l		2	3	3	10	15	0	BM-0	5)
Chrom (ges.)	E	µg/l		10	15	150	290	530	0	BM-0	5)
Kupfer	E	µg/l		20	30	110	170	320	0	BM-0	5)
Nickel	E	µg/l		20	30	30	150	280	0	BM-0	5)
Quecksilber	E	µg/l		0,1					0	BM-0	5)
Thallium	E	µg/l		0,2					0	BM-0	5)
Zink	E	µg/l		100	150	160	840	1600	0	BM-0	5)
Σ PAK 15 ³⁾	E	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,04	BM-0	5)
Naphthalin + Metyln.	E	µg/l		2					0	BM-0	5)
MKW ⁷⁾	E	µg/l			150	160	160	310	-		
Σ PCB 7 ⁷⁾	E	µg/l		0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0	BM-0	5)

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteile wurde auf <10% geschätzt.

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach ErsatzbaustoffverordnungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 2 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-2, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	10	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
MKW (C10-22)	FS	mg/kg		300	300	300	300	1000	0	BM-0*	8)
MKW (C10-40)	FS	mg/kg		600	600	600	600	2000	0	BM-0*	8)
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,045	BM-0	
Benzol(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	4,5	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	70	140	140	140	140	700	5,3	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	120	120	120	120	600	9,8	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	40	80	80	80	80	320	12	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	50	100	100	100	100	350	8,7	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	150	300	300	300	300	1200	26	BM-0	
pH-Wert ⁴⁾	E	-			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0	8,1	BM-F0*	
el. Leitfähigkeit ⁴⁾	E	µS/cm		350	350	500	500	2000	240	BM-0*	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	10	BM-0	
Arsen	E	µg/l		8	12	12	85	100	0	BM-0	5)
Blei	E	µg/l		23	35	35	250	470	0	BM-0	5)
Cadmium	E	µg/l		2	3	3	10	15	0	BM-0	5)
Chrom (ges.)	E	µg/l		10	15	150	290	530	0	BM-0	5)
Kupfer	E	µg/l		20	30	110	170	320	0	BM-0	5)
Nickel	E	µg/l		20	30	30	150	280	0	BM-0	5)
Quecksilber	E	µg/l		0,1					0	BM-0	5)
Thallium	E	µg/l		0,2					0	BM-0	5)
Zink	E	µg/l		100	150	160	840	1600	0	BM-0	5)
Σ PAK 15 ³⁾	E	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0	BM-0	5)
Naphthalin + Metyln.	E	µg/l		2					0	BM-0	5)
MKW ⁷⁾	E	µg/l			150	160	160	310	-		
Σ PCB 7 ⁷⁾	E	µg/l		0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0	BM-0	5)

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteile wurde auf <10% geschätzt.

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach ErsatzbaustoffverordnungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 3 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-3, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	10	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
MKW (C10-22)	FS	mg/kg		300	300	300	300	1000	0	BM-0*	8)
MKW (C10-40)	FS	mg/kg		600	600	600	600	2000	0	BM-0*	8)
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,28	BM-0	
Benzol(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0,024	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	3	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	70	140	140	140	140	700	8,6	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	120	120	120	120	600	23	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	40	80	80	80	80	320	14	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	50	100	100	100	100	350	16	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	150	300	300	300	300	1200	37	BM-0	
pH-Wert ⁴⁾	E	-			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0	8,1	BM-F0*	
el. Leitfähigkeit ⁴⁾	E	µS/cm		350	350	500	500	2000	330	BM-0*	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	31	BM-0	
Arsen	E	µg/l		8	12	12	85	100	0	BM-0	5)
Blei	E	µg/l		23	35	35	250	470	0	BM-0	5)
Cadmium	E	µg/l		2	3	3	10	15	0	BM-0	5)
Chrom (ges.)	E	µg/l		10	15	150	290	530	0	BM-0	5)
Kupfer	E	µg/l		20	30	110	170	320	0	BM-0	5)
Nickel	E	µg/l		20	30	30	150	280	0	BM-0	5)
Quecksilber	E	µg/l		0,1					0	BM-0	5)
Thallium	E	µg/l		0,2					0	BM-0	5)
Zink	E	µg/l		100	150	160	840	1600	0	BM-0	5)
Σ PAK 15 ³⁾	E	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0	BM-0	5)
Naphthalin + Metyln.	E	µg/l		2					0	BM-0	5)
MKW ⁷⁾	E	µg/l			150	160	160	310	-		
Σ PCB 7 ⁷⁾	E	µg/l		0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0	BM-0	5)

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteile wurde auf <10% geschätzt.

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach ErsatzbaustoffverordnungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 4 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-4, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	10	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
MKW (C10-22)	FS	mg/kg		300	300	300	300	1000	0	BM-0*	8)
MKW (C10-40)	FS	mg/kg		600	600	600	600	2000	0	BM-0*	8)
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	2,2	BM-0	
Benzol(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0,14	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	2,4	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	70	140	140	140	140	700	8	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	120	120	120	120	600	11	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	40	80	80	80	80	320	16	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	50	100	100	100	100	350	11	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	150	300	300	300	300	1200	26	BM-0	
pH-Wert ⁴⁾	E	-			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0	8,2	BM-F0*	
el. Leitfähigkeit ⁴⁾	E	µS/cm		350	350	500	500	2000	310	BM-0*	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	45	BM-0	
Arsen	E	µg/l		8	12	12	85	100	0	BM-0	5)
Blei	E	µg/l		23	35	35	250	470	0	BM-0	5)
Cadmium	E	µg/l		2	3	3	10	15	0	BM-0	5)
Chrom (ges.)	E	µg/l		10	15	150	290	530	0	BM-0	5)
Kupfer	E	µg/l		20	30	110	170	320	0	BM-0	5)
Nickel	E	µg/l		20	30	30	150	280	0	BM-0	5)
Quecksilber	E	µg/l		0,1					0	BM-0	5)
Thallium	E	µg/l		0,2					0	BM-0	5)
Zink	E	µg/l		100	150	160	840	1600	0	BM-0	5)
Σ PAK 15 ³⁾	E	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0	BM-0	5)
Naphthalin + Metyln.	E	µg/l		2					0,17	BM-0	5)
MKW ⁷⁾	E	µg/l			150	160	160	310	-		
Σ PCB 7 ⁷⁾	E	µg/l		0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0	BM-0	5)

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Der Anteil mineralischer Fremdbestandteile wurde auf <10% geschätzt.

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach Ersatzbaustoffverordnung

Probe Nr. / Bezeichnung:	MP 5 Knollenmergel vollst. verw. bis zersetzt
--------------------------	--

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-5, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Ton

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	0	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,16	BM-0	
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	1,1	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	100	140	140	140	140	700	11	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1,5	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	100	120	120	120	120	600	29	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	60	80	80	80	80	320	5,2	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	70	100	100	100	100	350	26	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	200	300	300	300	300	1200	46	BM-0	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	11	BM-0	

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"- " in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach Ersatzbaustoffverordnung

Probe Nr. / Bezeichnung:	MP 6 Knollenmergel mäßig bis stark verw.
--------------------------	---

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405114-6, Analytik-Team, Fellbach, vom 23.05.24

Bodenart: Lehm/Schluff

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	0	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,01	BM-0	
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	20	20	40	40	40	150	0	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	70	140	140	140	140	700	12	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	120	120	120	120	600	49	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	40	80	80	80	80	320	4,1	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	50	100	100	100	100	350	28	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	150	300	300	300	300	1200	39	BM-0	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	5,2	BM-0	

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Auswertung nach ErsatzbaustoffverordnungProbe Nr. / Bezeichnung: **MP 7 Stubensandstein**

chemische Analyse:

Prüfbericht 2405156-1, Analytik-Team, Fellbach, vom 03.06.24

Bodenart: Sand

Parameter	¹⁾	Einheit	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gehalt ²⁾	Klasse	Erl.
Fremdbestandteile	FS	Vol.-%	10	10	50	50	50	50	0	BM-0	
TOC	FS	M.-%	1	1	5	5	5	5	0	BM-0	
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0	BM-0	
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3						0	BM-0	
Σ PCB 7 ⁷⁾	FS	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5	0	BM-0	
EOX ⁶⁾	FS	mg/kg	1	1	3	3	3	10	0	BM-0	
Arsen	FS	mg/kg	10	20	40	40	40	150	1,5	BM-0	
Blei	FS	mg/kg	40	140	140	140	140	700	3,5	BM-0	
Cadmium	FS	mg/kg	0,4	1	2	2	2	10	0	BM-0	
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	30	120	120	120	120	600	11	BM-0	
Kupfer	FS	mg/kg	20	80	80	80	80	320	8,1	BM-0	
Nickel	FS	mg/kg	15	100	100	100	100	350	7,6	BM-0	
Quecksilber	FS	mg/kg	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0	BM-0	
Thallium	FS	mg/kg	0,5	1	2	2	2	7	0	BM-0	
Zink	FS	mg/kg	60	300	300	300	300	1200	36	BM-0	
Sulfat	E	mg/l	250	250	250	450	450	1000	12	BM-0	

¹⁾ FS = Feststoff; E = Eluat²⁾ "0" in Spalte Gehalte bedeutet: < BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

"-" in Spalte Gehalte bedeutet: nicht untersucht

³⁾ PAK16 ohne Naphthalin⁴⁾ stoffspezifischer Orientierungswert, Ursache ist zu prüfen⁵⁾ Eluatwert ist bei BM-0*/BG-0* nicht maßgeblich, wenn der Feststoffwert für BM-0/BG-0 nicht überschritten wird⁶⁾ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen⁷⁾ Blau: Zusätzliche Materialwerte nach EBV Anl. 1, Tabelle 4⁸⁾ Für die Materialklasse BM-0 sind diese Parameter nicht zu berücksichtigen und alleine damit auch nicht einstufigsrelevant**Materialklasse: BM-0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

Alle Materialwerte für BM-0 eingehalten.

Prüfberichte des chemischen Labors

(14 Blatt)

gez. mj gepr. DT

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-1

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 1 Auffüllung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	< 0,010
Fluoren	< 0,010
Phenanthren	< 0,010
Anthracen	< 0,010
Fluoranthren	0,039
Pyren	0,032
Benzo(a)anthracen	0,020
Chrysen	0,031
Benzo(b/k)fluoranthren	0,038
Benzo(a)pyren	0,019
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010
Benzo(ghi)perylene	< 0,010
Summe PAK 16*	0,18
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	6,8
Blei Pb	14
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	30
Kupfer Cu	13
Nickel Ni	26
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	51
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,3
Temperatur [°C]	24
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	110
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	3,0
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 1 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-1		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	3,6 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	86,8		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-2

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 2 Auffüllung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	< 0,010
Fluoren	< 0,010
Phenanthren	< 0,010
Anthracen	< 0,010
Fluoranthen	0,010
Pyren	< 0,010
Benzo(a)anthracen	< 0,010
Chrysen	< 0,010
Benzo(b/k)fluoranthen	< 0,010
Benzo(a)pyren	< 0,010
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010
Benzo(ghi)perylene	< 0,010
Summe PAK 16*	0,010
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	4,5
Blei Pb	5,3
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	9,8
Kupfer Cu	12
Nickel Ni	8,7
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	26
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	9,1
Temperatur [°C]	23
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	91
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	5,2
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 2 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-2		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	4,4 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	94,8		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-3

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 3 Auffüllung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	< 0,010
Fluoren	< 0,010
Phenanthren	0,017
Anthracen	< 0,010
Fluoranthren	0,046
Pyren	0,038
Benzo(a)anthracen	0,026
Chrysen	0,037
Benzo(b)fluoranthren	0,057
Benzo(a)pyren	0,024
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,012
Benzo(ghi)perylene	0,018
Summe PAK 16*	0,28
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	3,0
Blei Pb	8,6
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	23
Kupfer Cu	14
Nickel Ni	16
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	37
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,5
Temperatur [°C]	23
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	140
Chlorid [mg/l]	3,6
Sulfat [mg/l]	7,7
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 3 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-3		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	2,1 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	88,5		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-4

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 4 Auffüllung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	0,025
Fluoren	0,020
Phenanthren	0,11
Anthracen	0,059
Fluoranthen	0,50
Pyren	0,41
Benzo(a)anthracen	0,19
Chrysen	0,25
Benzo(b/k)fluoranthen	0,32
Benzo(a)pyren	0,14
Dibenzo(ah)anthracen	0,013
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,086
Benzo(ghi)perylene	0,083
Summe PAK 16*	2,2
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	2,4
Blei Pb	8,0
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	11
Kupfer Cu	16
Nickel Ni	11
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	26
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,7
Temperatur [°C]	24
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	130
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	14
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 4 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-4		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	3,4 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	91,5		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-5

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 5 Knollenmangel, vollst. verw. bis zersetzt

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	< 0,010
Fluoren	< 0,010
Phenanthren	0,018
Anthracen	< 0,010
Fluoranthren	0,037
Pyren	0,027
Benzo(a)anthracen	0,014
Chrysen	0,023
Benzo(b)fluoranthren	0,016
Benzo(a)pyren	< 0,010
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010
Benzo(ghi)perylene	< 0,010
Summe PAK 16*	0,14
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	1,1
Blei Pb	11
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	29
Kupfer Cu	5,2
Nickel Ni	26
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	46
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,6
Temperatur [°C]	24
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	110
Chlorid [mg/l]	6,8
Sulfat [mg/l]	< 3,0
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 5 Knollenmangel, vollst. verw. bis zersetzt		
Labornummer:	2405114-5		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	2,6 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	84,5		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-6

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 6 Knollenmergel, mäßig bis stark verw

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	< 0,010
Fluoren	< 0,010
Phenanthren	< 0,010
Anthracen	< 0,010
Fluoranthen	< 0,010
Pyren	< 0,010
Benzo(a)anthracen	< 0,010
Chrysen	< 0,010
Benzo(b/k)fluoranthen	< 0,010
Benzo(a)pyren	< 0,010
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010
Benzo(ghi)perylene	< 0,010
Summe PAK 16*	< 0,010
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	< 1,0
Blei Pb	12
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	49
Kupfer Cu	4,1
Nickel Ni	28
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	39
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,8
Temperatur [°C]	24
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	89
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	< 3,0
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 6 Knollenmergel, mäßig bis stark verw.		
Labornummer:	2405114-6		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	3,6 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	86,0		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405156

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 17.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 17.05. – 03.06.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 7 Stubensandstein

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,010
Acenaphthylen	< 0,010
Acenaphthen	< 0,010
Fluoren	< 0,010
Phenanthren	< 0,010
Anthracen	< 0,010
Fluoranthen	< 0,010
Pyren	< 0,010
Benzo(a)anthracen	< 0,010
Chrysen	< 0,010
Benzo(b/k)fluoranthen	< 0,010
Benzo(a)pyren	< 0,010
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010
Benzo(ghi)perylene	< 0,010
Summe PAK 16*	< 0,010
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	1,5
Blei Pb	3,5
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	11
Kupfer Cu	8,1
Nickel Ni	7,6
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	36
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	9,2
Temperatur [°C]	24
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	81
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	6,0
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
LHKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
MKW DIN EN 14039 : 2005-01
Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
AKW DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 7 Stubensandstein		
Labornummer:	2405156		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	6 kg
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	94,2		

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 3. Juni 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-1-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0*/BG-0* im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024
Untersuchungsbefund für die Probe: MP 1 Auffüllung

Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]				Polychlorierte Biphenyle [µg/l] (2:1)			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Arsen As	6,8	1,0		PCB 28	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[2]	Blei Pb	14	1,0		PCB 52	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	Cadmium Cd	< 0,13	0,13		PCB 101	< 0,003	0,003	[1]
Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	Chrom, ges. Cr	30	1,0		PCB 118	< 0,003	0,003	[1]
Phenanthren	< 0,010	0,010	[2]	Kupfer Cu	13	1,0		PCB 138	< 0,003	0,003	[1]
Anthracen	< 0,010	0,010	[2]	Nickel Ni	26	1,0		PCB 153	< 0,003	0,003	[1]
Fluoranthren	0,039	0,010		Quecksilber Hg	< 0,06	0,06		PCB 180	< 0,003	0,003	[1]
Pyren	0,032	0,010		Thallium Tl	< 0,30	0,30		Summe PCB*	< 0,003		
Benzo(a)anthracen	0,020	0,010		Zink Zn	51	1,0		Schwermetalle im Eluat (2:1) [µg/l]			
Chrysen	0,031	0,010		Eluat (2:1)				Arsen As	< 2,5	2,5	
Benzo(b/k)fluoranthren	0,038	0,010		pH-Wert bei 22°C	8,3			Blei Pb	6,1	6,0	
Benzo(a)pyren	0,019	0,010		Leitf. [µS/cm] bei 25°C	250	10		Cadmium Cd	< 0,80	0,80	
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Sulfat [mg/l]	20	3,0		Chrom, ges. Cr	< 3,0	3,0	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[2]	Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [µg/l]				Kupfer Cu	< 6,0	6,0	
Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[2]	Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Nickel Ni	< 6,0	6,0	
Summe PAK 16*	0,20			2-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Quecksilber Hg	< 0,033	0,033	
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]				1-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Thallium Tl	< 0,20	0,20	
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]	Summe Naphthalin + Methylnaphthaline*	< 0,010			Zink Zn	< 25	25	
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]				
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthen	< 0,010	0,010	[2]	PAK	DIN ISO 18287 : 2006-05		
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]	Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	PCB	DIN EN 15308 : 2008-05		
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]	Phenanthren	0,010	0,010		MKW	DIN EN 14039 : 2005-01		
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]	Anthracen	< 0,010	0,010	[2]	TOC	DIN EN 13137 : 2001-12		
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]	Fluoranthren	0,010	0,010		EOX	DIN 38414-17 : 2017-01		
Summe PCB*	< 0,01			Pyren	0,010	0,010		TS	DIN EN 14346 : 2007-03		
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Schütteleluat	DIN 19529 : 2015-12		
MKW C ₁₀ -C ₂₂	< 50	50		Chrysen	< 0,010	0,010	[1]	PAK im Eluat	DIN 38407- F 39 :2011-09		
MKW C ₁₀ -C ₄₀	< 50	50		Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]	PCB im Eluat	DIN 38407 F 3 : 1998-07		
EOX [mg/kg TS]	< 0,30	0,30		Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[1]	SM o. Hg	DIN EN ISO 11885 :2009-09		
Trockensubstanz TS [M.-%]	86,8	0,1		Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Hg	DIN EN ISO 12846 :2012-08		
Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]				Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 : 2012-04		
bestimmt als TOC	0,41	0,30		Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[1]	Leitf.	DIN EN 27888 : 1993-11		
				Summe PAK 15*	0,040			Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07		

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 1 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-1	Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	3,6 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-2-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0*/BG-0* im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smolczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024
Untersuchungsbefund für die Probe: MP 2 Auffüllung

Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]				Polychlorierte Biphenyle [µg/l] (2:1)			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Arsen As	4,5	1,0		PCB 28	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]	Blei Pb	5,3	1,0		PCB 52	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	Cadmium Cd	< 0,13	0,13		PCB 101	< 0,003	0,003	[1]
Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	Chrom, ges. Cr	9,8	1,0		PCB 118	< 0,003	0,003	[1]
Phenanthren	< 0,010	0,010	[2]	Kupfer Cu	12	1,0		PCB 138	< 0,003	0,003	[1]
Anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Nickel Ni	8,7	1,0		PCB 153	< 0,003	0,003	[1]
Fluoranthren	0,010	0,010		Quecksilber Hg	< 0,06	0,06		PCB 180	< 0,003	0,003	[1]
Pyren	< 0,010	0,010	[2]	Thallium Tl	< 0,30	0,30		Summe PCB*	< 0,003		
Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[2]	Zink Zn	26	1,0		Schwermetalle im Eluat (2:1) [µg/l]			
Chrysen	< 0,010	0,010	[2]	Eluat (2:1)				Arsen As	< 2,5	2,5	
Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[2]	pH-Wert bei 22°C	8,1			Blei Pb	< 6,0	6,0	
Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[2]	Leitf. [µS/cm] bei 25°C	240	10		Cadmium Cd	< 0,80	0,80	
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Sulfat [mg/l]	10	3,0		Chrom, ges. Cr	< 3,0	3,0	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]	Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [µg/l]				Kupfer Cu	< 6,0	6,0	
Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[2]	Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Nickel Ni	< 6,0	6,0	
Summe PAK 16*	0,045			2-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Quecksilber Hg	< 0,033	0,033	
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]				1-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Thallium Tl	< 0,20	0,20	
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]	Summe Naphthalin + Methylnaphthaline*	< 0,010			Zink Zn	< 25	25	
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]				
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	PAK	DIN ISO 18287 : 2006-05		
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]	Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	PCB	DIN EN 15308 : 2008-05		
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]	Phenanthren	< 0,010	0,010	[1]	MKW	DIN EN 14039 : 2005-01		
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]	Anthracen	< 0,010	0,010	[1]	TOC	DIN EN 13137 : 2001-12		
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]	Fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]	EOX	DIN 38414-17 : 2017-01		
Summe PCB*	< 0,01			Pyren	< 0,010	0,010	[1]	TS	DIN EN 14346 : 2007-03		
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Schütteleluat	DIN 19529 : 2015-12		
MKW C ₁₀ -C ₂₂	< 50	50		Chrysen	< 0,010	0,010	[1]	PAK im Eluat	DIN 38407- F 39 :2011-09		
MKW C ₁₀ -C ₄₀	< 50	50		Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[2]	PCB im Eluat	DIN 38407 F 3 : 1998-07		
EOX [mg/kg TS]	< 0,30	0,30		Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[1]	SM o. Hg	DIN EN ISO 11885 :2009-09		
Trockensubstanz TS [M.-%]	94,8	0,1		Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Hg	DIN EN ISO 12846 :2012-08		
Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]				Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 : 2012-04		
bestimmt als TOC	< 0,30	0,30		Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[1]	Leitf.	DIN EN 27888 : 1993-11		
				Summe PAK 15*	< 0,010			Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07		

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 2 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-2	Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	4,4 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-3-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0*/BG-0* im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smolczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024
Untersuchungsbefund für die Probe: MP 3 Auffüllung

Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]				Polychlorierte Biphenyle [µg/l] (2:1)			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Arsen As	3,0	1,0		PCB 28	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]	Blei Pb	8,6	1,0		PCB 52	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	Cadmium Cd	< 0,13	0,13		PCB 101	< 0,003	0,003	[1]
Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	Chrom, ges. Cr	23	1,0		PCB 118	< 0,003	0,003	[1]
Phenanthren	0,017	0,010		Kupfer Cu	14	1,0		PCB 138	< 0,003	0,003	[1]
Anthracen	< 0,010	0,010	[2]	Nickel Ni	16	1,0		PCB 153	< 0,003	0,003	[1]
Fluoranthren	0,046	0,010		Quecksilber Hg	< 0,06	0,06		PCB 180	< 0,003	0,003	[1]
Pyren	0,038	0,010		Thallium Tl	< 0,30	0,30		Summe PCB*	< 0,003		
Benzo(a)anthracen	0,026	0,010		Zink Zn	37	1,0		Schwermetalle im Eluat (2:1) [µg/l]			
Chrysen	0,037	0,010		Eluat (2:1)				Arsen As	< 2,5	2,5	
Benzo(b/k)fluoranthren	0,057	0,010		pH-Wert bei 22°C	8,1			Blei Pb	< 6,0	6,0	
Benzo(a)pyren	0,024	0,010		Leitf. [µS/cm] bei 25°C	330	10		Cadmium Cd	< 0,80	0,80	
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Sulfat [mg/l]	31	3,0		Chrom, ges. Cr	< 3,0	3,0	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,012	0,010		Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [µg/l]				Kupfer Cu	< 6,0	6,0	
Benzo(ghi)perylene	0,018	0,010		Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Nickel Ni	< 6,0	6,0	
Summe PAK 16*	0,28			2-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Quecksilber Hg	< 0,033	0,033	
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]				1-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Thallium Tl	< 0,20	0,20	
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]	Summe Naphthalin + Methylnaphthaline*	< 0,010			Zink Zn	< 25	25	
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]				
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	PAK	DIN ISO 18287 : 2006-05		
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]	Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	PCB	DIN EN 15308 : 2008-05		
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]	Phenanthren	< 0,010	0,010	[1]	MKW	DIN EN 14039 : 2005-01		
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]	Anthracen	< 0,010	0,010	[1]	TOC	DIN EN 13137 : 2001-12		
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]	Fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]	EOX	DIN 38414-17 : 2017-01		
Summe PCB*	< 0,01			Pyren	< 0,010	0,010	[1]	TS	DIN EN 14346 : 2007-03		
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Schütteleluat	DIN 19529 : 2015-12		
MKW C ₁₀ -C ₂₂	< 50	50		Chrysen	< 0,010	0,010	[1]	PAK im Eluat	DIN 38407- F 39 :2011-09		
MKW C ₁₀ -C ₄₀	< 50	50		Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]	PCB im Eluat	DIN 38407 F 3 : 1998-07		
EOX [mg/kg TS]	< 0,30	0,30		Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[1]	SM o. Hg	DIN EN ISO 11885 :2009-09		
Trockensubstanz TS [M.-%]	88,5	0,1		Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Hg	DIN EN ISO 12846 :2012-08		
Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]				Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 : 2012-04		
bestimmt als TOC	< 0,30	0,30		Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[1]	Leitf.	DIN EN 27888 : 1993-11		
				Summe PAK 15*	< 0,010			Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07		

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 3 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-3	Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	2,1 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-4-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0*/BG-0* im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024
Untersuchungsbefund für die Probe: MP 4 Auffüllung

Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]				Polychlorierte Biphenyle [µg/l] (2:1)			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Arsen As	2,4	1,0		PCB 28	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[2]	Blei Pb	8,0	1,0		PCB 52	< 0,003	0,003	[1]
Acenaphthen	0,025	0,010		Cadmium Cd	< 0,13	0,13		PCB 101	< 0,003	0,003	[1]
Fluoren	0,020	0,010		Chrom, ges. Cr	11	1,0		PCB 118	< 0,003	0,003	[1]
Phenanthren	0,11	0,010		Kupfer Cu	16	1,0		PCB 138	< 0,003	0,003	[1]
Anthracen	0,059	0,010		Nickel Ni	11	1,0		PCB 153	< 0,003	0,003	[1]
Fluoranthren	0,50	0,010		Quecksilber Hg	< 0,06	0,06		PCB 180	< 0,003	0,003	[1]
Pyren	0,41	0,010		Thallium Tl	< 0,30	0,30		Summe PCB*	< 0,003		
Benzo(a)anthracen	0,19	0,010		Zink Zn	26	1,0		Schwermetalle im Eluat (2:1) [µg/l]			
Chrysen	0,25	0,010		Eluat (2:1)				Arsen As	< 2,5	2,5	
Benzo(b/k)fluoranthren	0,32	0,010		pH-Wert bei 22°C	8,2			Blei Pb	< 6,0	6,0	
Benzo(a)pyren	0,14	0,010		Leitf. [µS/cm] bei 25°C	310	10		Cadmium Cd	< 0,80	0,80	
Dibenzo(ah)anthracen	0,013	0,010		Sulfat [mg/l]	45	3,0		Chrom, ges. Cr	< 3,0	3,0	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,086	0,010		Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [µg/l]				Kupfer Cu	< 6,0	6,0	
Benzo(ghi)perylene	0,083	0,010		Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Nickel Ni	< 6,0	6,0	
Summe PAK 16*	2,2			2-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Quecksilber Hg	< 0,033	0,033	
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]				1-Methylnaphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Thallium Tl	< 0,20	0,20	
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]	Summe Naphthalin + Methylnaphthaline*	< 0,010			Zink Zn	< 25	25	
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]				
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]	Acenaphthen	0,044	0,010		PAK	DIN ISO 18287 : 2006-05		
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]	Fluoren	< 0,010	0,010	[2]	PCB	DIN EN 15308 : 2008-05		
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]	Phenanthren	0,016	0,010		MKW	DIN EN 14039 : 2005-01		
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]	Anthracen	0,011	0,010		TOC	DIN EN 13137 : 2001-12		
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]	Fluoranthren	0,043	0,010		EOX	DIN 38414-17 : 2017-01		
Summe PCB*	< 0,01			Pyren	0,030	0,010		TS	DIN EN 14346 : 2007-03		
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[2]	Schütteleluat	DIN 19529 : 2015-12		
MKW C ₁₀ -C ₂₂	< 50	50		Chrysen	< 0,010	0,010	[2]	PAK im Eluat	DIN 38407- F 39 : 2011-09		
MKW C ₁₀ -C ₄₀	< 50	50		Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[2]	PCB im Eluat	DIN 38407 F 3 : 1998-07		
EOX [mg/kg TS]	< 0,30	0,30		Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[2]	SM o. Hg	DIN EN ISO 11885 : 2009-09		
Trockensubstanz TS [M.-%]	91,5	0,1		Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Hg	DIN EN ISO 12846 : 2012-08		
Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]				Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 : 2012-04		
bestimmt als TOC	< 0,30	0,30		Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[1]	Leitf.	DIN EN 27888 : 1993-11		
				Summe PAK 15*	0,17			Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07		

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 4 Auffüllung		
Labornummer:	2405114-4	Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	3,4 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-5-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0/BG-0 im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 5 Knollenmergel, vollst. verw. bis zersetzt

Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Arsen As	1,1	1,0	
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]	Blei Pb	11	1,0	
Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	Cadmium Cd	< 0,13	0,13	
Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	Chrom, ges. Cr	29	1,0	
Phenanthren	0,018	0,010		Kupfer Cu	5,2	1,0	
Anthracen	< 0,010	0,010	[2]	Nickel Ni	26	1,0	
Fluoranthren	0,037	0,010		Quecksilber Hg	< 0,06	0,06	
Pyren	0,027	0,010		Thallium Tl	< 0,30	0,30	
Benzo(a)anthracen	0,014	0,010		Zink Zn	46	1,0	
Chrysen	0,023	0,010					
Benzo(b/k)fluoranthren	0,016	0,010					
Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[2]	EOX [mg/kg TS]	< 0,30	0,30	
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[2]	Trockensubstanz TS [M.-%]	84,5	0,1	
Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[2]				
Summe PAK 16*	0,16			Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]			
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]				bestimmt als TOC	< 0,30	0,30	
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]				
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]	Eluat (2:1)			
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]	pH-Wert bei 23°C	8,2		
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]	Leitf. [µS/cm] bei 25°C	300	10	
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]	Sulfat [mg/l]	11	3,0	
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]				
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]				
Summe PCB*	< 0,01						

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
TS DIN EN 14346 : 2007-03
TOC DIN EN 13137 : 2001-12
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 :2009-09
Hg DIN EN ISO 12846 :2012-08
Schütteleluat DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Sulfat DIN EN ISO 10304-1:2009-07

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge



Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 5 Knollenmergel, vollst. verw. bis zersetzt
Labornummer:	2405114-5
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer
Probenmenge:	2,6 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405114-6-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0/BG-0 im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 10.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 10.05. – 23.05.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 6 Knollenmergel, mäßig bis stark verw.

Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]
Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]
Fluoren	< 0,010	0,010	[1]
Phenanthren	< 0,010	0,010	[2]
Anthracen	< 0,010	0,010	[1]
Fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]
Pyren	< 0,010	0,010	[1]
Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[1]
Chrysen	< 0,010	0,010	[1]
Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]
Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[1]
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]
Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[2]
Summe PAK 16*	0,010		
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]			
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]
Summe PCB*	< 0,01		

Parameter	Messwert	BG	
Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]			
Arsen As	< 1,0	1,0	
Blei Pb	12	1,0	
Cadmium Cd	< 0,13	0,13	
Chrom, ges. Cr	49	1,0	
Kupfer Cu	4,1	1,0	
Nickel Ni	28	1,0	
Quecksilber Hg	< 0,06	0,06	
Thallium Tl	< 0,30	0,30	
Zink Zn	39	1,0	
EOX [mg/kg TS]			
	< 0,30	0,30	
Trockensubstanz TS [M.-%]			
	86,0	0,1	
Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]			
bestimmt als TOC	< 0,30	0,30	
Eluat (2:1)			
pH-Wert bei 23°C	8,3		
Leitf. [µS/cm] bei 25°C	170	10	
Sulfat [mg/l]	5,2	3,0	

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
TS DIN EN 14346 : 2007-03
TOC DIN EN 13137 : 2001-12
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Schütteleluat DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Sulfat DIN EN ISO 10304-1:2009-07

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge



Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 6 Knollenmergel, mäßig bis stark verw.
Labornummer:	2405114-6
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer
Probenmenge:	3,6 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 23. Mai 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2405156-1

Analytik gemäß ErsatzbaustoffV Anlage 1, Tab. 3: BM-0/BG-0 im Feststoff und Schütteleluat (2:1)

Auftraggeber: Smolczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 23-183 Tübingen, BG Klinik: Neubau Luftrettungszentrum
Projektbearbeiter: Herr Hönig
Probenahme: durch Auftraggeber
Probeneingang: 17.05.2024
Bearbeitungszeitraum: 17.05. – 03.06.2024

Untersuchungsbefund für die Probe: MP 7 Stubensandstein

Parameter	Messwert	BG		Parameter	Messwert	BG	
Polycycl. aromat. Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]				Schwermetalle im Feststoff [mg/kg TS]			
Naphthalin	< 0,010	0,010	[1]	Arsen As	1,5	1,0	
Acenaphthylen	< 0,010	0,010	[1]	Blei Pb	3,5	1,0	
Acenaphthen	< 0,010	0,010	[1]	Cadmium Cd	< 0,13	0,13	
Fluoren	< 0,010	0,010	[1]	Chrom, ges. Cr	11	1,0	
Phenanthren	< 0,010	0,010	[1]	Kupfer Cu	8,1	1,0	
Anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Nickel Ni	7,6	1,0	
Fluoranthren	< 0,010	0,010	[2]	Quecksilber Hg	< 0,06	0,06	
Pyren	< 0,010	0,010	[1]	Thallium Tl	< 0,30	0,30	
Benzo(a)anthracen	< 0,010	0,010	[1]	Zink Zn	36	1,0	
Chrysen	< 0,010	0,010	[1]				
Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,010	0,010	[1]				
Benzo(a)pyren	< 0,010	0,010	[1]	EOX [mg/kg TS]	< 0,30	0,30	
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,010	0,010	[1]				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,010	0,010	[1]	Trockensubstanz TS [M.-%]	94,2	0,1	
Benzo(ghi)perylene	< 0,010	0,010	[1]				
Summe PAK 16*	< 0,010			Organischer Anteil d. Trockenrückstandes der Originalsubstanz [M.-%]			
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]				bestimmt als TOC	< 0,30	0,30	
PCB 28	< 0,01	0,01	[1]				
PCB 52	< 0,01	0,01	[1]	Eluat (2:1)			
PCB 101	< 0,01	0,01	[1]	pH-Wert bei 25°C	9,1		
PCB 118	< 0,01	0,01	[1]	Leitf. [µS/cm] bei 25°C	170	10	
PCB 138	< 0,01	0,01	[1]	Sulfat [mg/l]	12	3,0	
PCB 153	< 0,01	0,01	[1]				
PCB 180	< 0,01	0,01	[1]				
Summe PCB*	< 0,01						

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
PCB DIN EN 15308 : 2008-05
TS DIN EN 14346 : 2007-03
TOC DIN EN 13137 : 2001-12
EOX DIN 38414-17 : 2017-01
SM o. Hg DIN EN ISO 11885 :2009-09
Hg DIN EN ISO 12846 :2012-08
Schütteleluat DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
Sulfat DIN EN ISO 10304-1:2009-07

* Summenbildung (nach EBV): Komponenten unterhalb der NG wurden nicht berücksichtigt.
Komponenten zwischen NG und BG wurden mit halber BG einberechnet.

Erläuterungen:

- BG = Bestimmungsgrenze / NG = Nachweisgrenze
- [1] Messwert kleiner NG
- [2] Messwert zwischen NG und BG
- [3] BG musste erhöht werden für die Messung im gerätespezifischen Konzentrationsbereich
- [4] BG musste erhöht werden aufgrund von Substanzüberlagerungen oder Matrixeffekten
- [5] BG musste erhöht werden aufgrund geringer Probenmenge



Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP 7 Stubensandstein		
Labornummer:	2405156		
Matrix:	Feststoff		
Probenbehälter:	PE-Eimer	Probenmenge:	6 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2018.

Fellbach, den 3. Juni 2024
Analytik-Team GmbH

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Dr.rer.nat. H. Wildemann
(Geschäftsführer)