

**22-057.1 Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach: BW 232 Feldwegbrücke**

## Geotechnischer Bericht

## Auftraggeber

Stadt Heilbronn  
 Amt für Straßenwesen  
 Cäcilienstraße 49  
 74072 Heilbronn  
 Tel: 07131/56-0  
 Herr Dipl.-Ing. M. Sadlowski (D:-4478)  
 E-Mail: martin.sadlowski@heilbronn.de

## Planer

IngenieurGruppe Bauen  
 Beratende Ingenieure PartG mbB  
 Fritz-Erler-Straße 25  
 76133 Karlsruhe  
 Tel: 0721/82 99-0  
 Herr Dipl.-Ing. J. Seiler (D:-105)  
 E-Mail: josef.seiler@ingenieurgruppe-bauen.de

## Ort und Datum

Stuttgart, 01.12.2022

## Verteiler

Digital und 1fach in Papierform an die Beteiligten

## Textseiten; Anlagen

28; 1.1 bis 6.3 (36 Blatt)

## Bericht-Nr.; Zeichen

886726-01; SI/LS/Rx

## Projektleiter

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

## Bearbeiter Bautechnik

Dipl.-Ing. Torsten Rexhäuser (D:-24)

## Bearbeiter Baugrund

Dipl.-Geol. Philipp Schlittenhardt (D:-62)

## Bearbeiter Umwelttechnik

Leonard Schulte, M.Sc (D:-21)




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

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

Büro Heilbronn  
 Lindenstraße 16  
 74232 Abstatt  
 Tel. 07062 / 914 23 55  
 Büro Oberschwaben  
 Marsweilerstraße 19  
 88255 Baidt  
 Tel. 0751 / 767 820 98

Geschäftsführende Gesellschafter  
 Dipl.-Ing. Hartmut Reichenbach  
 Dipl.-Geol. Dr. Martin Brodbeck  
 Dr.-Ing. Annette Lächler  
 Dipl.-Ing. Holger Jud  
 Gesellschafter  
 Dr.-Ing. Thomas Rumpelt  
 Dr.-Ing. Berthold Rilling

Sachverständige für Geotechnik  
 Beratende Ingenieure VBI  
 Beratende Geowissenschaftler BDG

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 und bergbaubedingte Senkungen	8
5 Grundwasser	10
6 Eigenschaften von Böden und Fels	11
6.1 Ergebnisse der Feldversuche	11
6.2 Ergebnisse der Laborversuche	12
6.3 Klassifikation und charakteristische Kennwerte	13
6.4 Homogenbereiche	14
6.5 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen	16
7 Bautechnische Folgerungen	18
7.1 Gründung	18
7.1.1 Flachgründung	18
7.1.2 Tiefgründung	20
7.2 Herstellen der Baugruben	22
7.2.1 Wiederverwendung von Böden, Baugrubensohle und Bohrebene	22
7.2.2 Ausbildung der Baugrubenwände	23
7.3 Hinterfüllung und Erddruck, Entwässerung	24
8 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung	27
 <u>Anlagen</u>	
siehe Anlagenverzeichnis	28

## 1 Bezug und Unterlagen

**Auftrag:** Durch die Stadt Heilbronn wurden wir am 05.04.22 auf der Grundlage unseres Leistungs- und Honorarvorschlags vom 01.03.22 beauftragt, für den Neubau der Feldwegbrücke im Näßfle (BW 232), die im Zuge der geplanten Nordumfahrung (NU) Frankenbach/Neckargartach errichtet werden soll, eine Baugrunderkundung zu planen, zu betreuen und durchzuführen sowie einen Geotechnischen Bericht zu erstellen.

Außerdem umfasste der Auftrag orientierende Schadstoffuntersuchungen an Bodenproben aus der Baugrunderkundung und die Bewertung dieser Untersuchungen.

Darüber hinaus wurden wir, mit gesondertem Auftrag, mit der geo- und umwelttechnischen Beratung zur geplanten Talbrücke Wächtelesäcker (BW 231) betraut. Den diesbezüglichen Geotechnischen Bericht legen wir separat vor.

Bereits im Jahr 2021 hatten wir im Auftrag der Stadt Heilbronn entlang der Trasse der geplanten Nordumfahrung eine bodenkundliche Erkundung durchgeführt und hierzu am 08.10.21 ein Bodenschutzkonzept vorgelegt.

An **Unterlagen** für die geplante Feldwegbrücke BW 232 erhielten wir vom Auftraggeber per Download-Link am 11.02.22 zusammen mit der Anfrage:

- Bericht des Planers, der Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe, zur Vorzugsvariante im Zuge der Vorplanung vom 30.06.20,
- Bauwerksskizze (M 1:100/50) zur Vorzugsvariante 3 mit Draufsicht, Ansicht, Längsschnitt, Regelquerschnitt und Ansicht Widerlager, Vorentwurf mit Stand vom 07.12.17,
- Geotechnischer Untersuchungsbericht des Ingenieurbüros Roth & Partner, Karlsruhe (im Folgenden R&P genannt), zur Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach BW 232 Feldwegbrücke am Näßfle (km 3+851) vom 22.11.18,
- Stellungnahme von R&P zum ergänzenden Erkundungsprogramm für BW 231 und BW 232 vom 07.05.19,
- Geotechnische Prüfung der o.g. Stellungnahme von R&P aus dem Jahr 2018 durch das Amt für Straßenwesen der Stadt Heilbronn vom 29.09.21,  
per E-Mail am 07.07.22:
- 1 Lageplan (M 1:500) der Bohransatzpunkte der aktuellen Erkundung mit Angabe der Koordinaten (Lage: UTM/Höhe: DHHN2016), Stand 07.07.22,  
per E-Mail am 13.07.22 nachfolgend aufgeführte Unterlagen zu den vom Steinsalzabbau herührenden Setzungen im Bereich der geplanten Trasse:
- Tabellarische Auflistung von Vermessungsdaten der Geländeoberfläche an ausgewählten Punkten aus den Jahren 1982 bis 2020, ohne Datumsangabe,
- Tabellarische Auflistung von Vermessungsdaten der Geländeoberfläche an ausgewählten Punkten aus den Jahren 2000 bis 2012, Stand 06.10.16,

- 2 Planauszüge (M 1:10.000) aus dem Geodatenportal der Stadt Heilbronn mit Lage der Geländehöhenmesspunkte, Stand 06.10.16,
- Isolinenplan (ohne Maßstabsangabe) der Setzungen im Bereich der geplanten Trasse im Zeitraum 1982 bis 2020, ohne Datum,
- 2 Schreiben der Südwestdeutschen Salzwerke AG zur Baumaßnahme "Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach" vom 18.10.16 und 17.11.17,

per E-Mail am 18.07.22:

- Tabellarische Auflistung der Koordinaten der Bohransatzpunkte der aktuellen Erkundung und

per E-Mail am 18.08.22 weitere Unterlagen zu den vom Steinsalzabbau herrührenden Setzungen im Bereich der geplanten Trasse, wobei wir hier nicht relevante bzw. bereits o.g. Unterlagen nicht erneut aufführen:

- Isolinenplan (ohne Maßstabsangabe) der Senkungen im Zeitraum 1986 bis 2020 und
- Ganglinien von Setzungsmessungen bis 2016.

Außerdem standen uns zur Verfügung:

- Blatt 6821 Heilbronn der Geologischen Karte (M 1:25.000) von Baden-Württemberg mit Erläuterungen, Stuttgart 1986,
- Ingenieurgeologische Karte von Baden-Württemberg: Baugrundkarte (M 1:15.000) von Heilbronn, Freiburg i. Br. 2005,
- Hydrogeologische Karte (M 1:25.000) Baden-Württemberg: Heilbronner Mulde, Freiburg i. Br. 1995 und
- Blätter NO 64/10 und NO 65/10 der Höhenflurkarte (M 1:2.500) von Württemberg, Stand 1900.

## 2 Lage und Bauwerksbeschreibung

**Lage:** Um das zukünftig zu erwartende Verkehrsaufkommen im Norden des Stadtgebiets zu bewältigen, plant die Stadt Heilbronn eine rund 4,5 km lange Nordumfahrung der Stadtteile Frankenbach und Neckargartach. Die Trasse der Umfahrung verläuft von Westen, von der Bundesstraße B 39, kommend, südlich und südöstlich des Industriegebiets Böllinger Höfe über das Gartacher Feld, eine leicht gewellte Verebnungsfläche rund 20 m bis 30 m oberhalb des Heilbronner Beckens. Im Osten fällt die Trasse zur Neckaraue ab und schließt rund 100 m westlich des Neckars an die Landesstraße L 1100 an.

Im Zuge der Herstellung der Nordumfahrung ist auf dem Gartacher Feld unter anderem der Bau von zwei Brücken: BW 231 Talbrücke Wächtelesacker und BW 232 Feldwegbrücke am Näßle vorgesehen (Anlage 1.1).

Der asphaltierte Feldweg, der durch das geplante BW 232 Feldwegbrücke über die zukünftige Nordumfahrung überführt werden soll, liegt am östlichen Rand des Gartacher Feldes. Das Gelände fällt hier in einer flachen Mulde nach Osten, zum Neckar hin, ab. Der Feldweg quert diese Mulde von Nord nach Süd. Er verläuft talseitig in Dammlage.

Westlich und östlich des Feldweges liegen Ackerflächen; im Osten ist zwischen dem Feldweg und den Äckern, entlang der Böschung des Feldwegdamms, ein Gehölzstreifen angelegt (Anlage 1.2).

Entsprechend den Höhenflurkarten aus dem Jahr 1900 lag das damalige Gelände in etwa auf dem heutigen Niveau. Der Feldweg war schon damals vorhanden.

Die Trasse für die geplante Nordumfahrung verläuft über dem Grubengebäude des Bergwerks Heilbronn, in dem von Ende der 1970er Jahre an bis Ende der 1990er Jahre bergmännisch Steinsalz abgebaut wurde. Der größte Teil der abgebauten Kammern wurde gemäß den Angaben der Südwestdeutschen Salzwerke AG bereits wieder verfüllt oder befindet sich in Verfüllung.

Seit 1986 wird vierjährlich die Höhe der Geländeoberfläche über dem Bergwerk an zahlreichen Messpunkten vermessen, siehe Abschnitt 4.

Gemäß dem Online-Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) liegt das Untersuchungsgebiet im (noch) nicht rechtskräftigen, fachtechnisch abgegrenzten Wasserschutzgebiet Neckarsulm (Neckartalaue).

Die geodätischen Grundstücksdaten sind in Anlage 2 angegeben.

**Bauwerksbeschreibung:** Die Feldwegbrücke mit einer Stützweite von 37,5 m und einer Breite zwischen den Geländern von 6,1 m ist als integrales Stahlverbundrahmenbauwerk geplant. Der Überbau besteht aus einem trapezförmigen Stahl-Hohlkastenprofil mit Stahlbetonfahrbahnplatte. Der Hohlkastenträger und die Betonplatte sind starr mit den Widerlagerkonstruktionen verbunden. Die Gründung der Widerlager soll über Bodenplatten mit Abmessungen (L x B) von 15 m x 7,7 m rund 5 m unter jetzigem Gelände im Niveau 170,7 mNN (UK Sauberkeitsschicht WL-Süd) bzw. 170,4 mNN (UK Sauberkeitsschicht WL-Nord) in den außerhalb des Bauwerksbereichs insgesamt rund 10 m bzw. 11 m hohen Einschnittsböschungen der geplanten Nordumfahrung erfolgen.

Seitens des Büros R&P wurde nach Abstimmung mit dem Planer im Rahmen des Geotechnischen Untersuchungsberichts von folgenden charakteristischen Fundamenteinwirkungen ausgegangen:

- Vertikallast  $F_{v,k} = 6,5 \text{ MN}$
- Moment  $M_{y,k} = -27 \text{ MNm}$ .

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

### 3 Untersuchungsumfang

Bereits im Jahr 2016 hatte das Ingenieurbüro Roth und Partner (R&P) im Baufeld der geplanten Feldwegbrücke eine Baugrunderkundung mit 2 Kernbohrungen (M 6 und M 7, Lage und Bohrprofile s. Anlagen 1.2 und 2.3) durchgeführt und auf deren Grundlage den Geotechnischen Untersuchungsbericht vom 22.11.18 vorgelegt (s. Abschnitt 1).

Gemäß der geotechnischen Prüfung des Auftraggebers im Jahr 2021 (s. ebenfalls Abschnitt 1) konnten mit der damaligen Erkundung nicht alle offenen Punkte zum Baugrund geklärt werden, so dass eine ergänzende Baugrunderkundung erforderlich wurde.

Hierfür haben wir am 12.04.22 beim Planungs- und Baurechtsamt, Abteilung Umwelt- und Arbeitsschutz, der Stadt Heilbronn, gemäß § 43 des Wassergesetzes von Baden-Württemberg, einen Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis für Bohrarbeiten eingereicht. Die Erlaubnis wurde vom Amt am 14.04.22 erteilt.

Die Bohransatzpunkte wurden vom Vermesser des Auftraggebers ausgepflockt und nach Abschluss der Bohrarbeiten nach Lage (UTM) und Höhe (mNHN gemäß DHHN2016) eingemessen. Sie wurden entsprechend den am 18.07.22 per E-Mail übermittelten Koordinaten von uns in Anlage 1.2 eingezeichnet.

Da in der Planung, die uns zur Verfügung gestellt wurde, die Bauwerkshöhen in mNN (DHHN12) angegeben sind, haben wir die Ansatzhöhen der Bohrpunkte (ebenso wie alle anderen Höhen) in unseren Anlagen ebenfalls in mNN angegeben.

Gemäß einer Luftbilddauswertung des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Baden-Württemberg (KMBD) bestand kein Kampfmittelverdacht für das Baufeld, so dass hierzu auf weitere Maßnahmen verzichtet werden konnte.

Ziel der ergänzenden Erkundung war es, Zusatzinformationen zur Ausbildung und Mächtigkeit der Schichtenfolge zu erhalten und Bodenproben für bodenmechanische Untersuchungen zu gewinnen.

Dazu wurden, entsprechend dem von uns ausgearbeiteten Erkundungskonzept, von der Bohrfirma Baugrund Süd GmbH, Bad Wurzach, am 04. und 05.07.22 unter unserer fachtechnischen Aufsicht

2 Kernbohrungen nach DIN EN ISO 22 475, Tabelle 2, Zeile 7, im Fels Zeile 2, mit jeweils 23 m Tiefe, insgesamt also

46 Bohrmetern,

niedergebracht.

In den Bohrungen wurden während der Bohrarbeiten von der Baugrund Süd 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 Bohrlöcher wurden nach Abschluss der Arbeiten mit Zement-Bentonit-Suspension und auf den oberen 0,5 m mit Quellton verfüllt; nähere Angaben dazu siehe Anlage 2.1.

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

Die Schichtenfolgen der Bohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in Anlage 2.1 dargestellt und beschrieben sowie in einen geologischen Geländeschnitt und zwei Schichtlagerungskarten eingearbeitet (Anlagen 3).

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 2.2 beigefügt.

Den Bohrungen wurden insgesamt

44 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 bodenmechanische Versuche durchgeführt:

- 26 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN EN ISO 17 892-1 (Anlage 2.1, rechts neben den Profilsäulen),
- 1 Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN EN ISO 17 892-12 (Anlage 4.1) und
- 1 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4 (Anlage 4.2).

Die Ergebnisse der Feld-/Laborversuche werden in Abschnitt 6.1/6.2 erläutert und bewertet.

Des Weiteren wurden an den Bodenproben aus der Baugrunderkundung orientierende Untersuchungen hinsichtlich möglicher Schadstoffbelastungen durchgeführt. Hierfür wurden nach unseren Vorgaben im chemischen Labor ICA Institut für chemische Analytik, Leipzig, akkreditiert mit D-PL-17484-01-00

- 4 Mischproben aus dem Bohrgut (Auffüllung, Lösslehm, Terrassenschotter und Gipskeuper ) auf den Umfang der VwV Bodenverwertung<sup>1</sup>

- 1 Mischprobe aus der Auffüllung zudem auf den Ergänzungsumfang der DepV<sup>2</sup> chemisch untersucht.

Die Ergebnisse werden in Abschnitt 6.5 beschrieben und bewertet.

#### 4 Baugrund und bergbaubedingte Senkungen

Durch Interpolation zwischen den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen der aktuellen Erkundung und unter Einbeziehung der Ergebnisse der früheren Erkundung von R&P aus dem Jahr 2016 haben wir, unter Berücksichtigung geologischer Zusammenhänge, ein räumliches **Modell des Untergrundes** erarbeitet, das nachfolgend beschrieben und in einem geologischen Geländeschnitt (Anlage 3.1) und zwei Schichtlagerungskarten (Anlagen 3.2) dargestellt ist.

Dabei haben wir die Bohrprofile von R&P auf Grundlage unserer eigenen Erkundungsergebnisse stratigraphisch interpretiert. Da uns über die Bohrprofile hinaus keine Informationen zu dem damals aufgeschlossenen Bohrgut vorliegen, können die tatsächlichen Baugrundverhältnisse im Bereich der Fremdbohrungen von unserer Interpretation abweichen.

Das Baugrundmodell zeigt stark vereinfacht einen sechsschichtigen Aufbau aus Auffüllungen oder Oberboden, Lösslehm, Terrassenschotter, umgelagertem Gipskeuper und den Festgesteinsschichten des Lettenkeupers:

- Entlang des bestehenden Feldwegs liegt zuoberst **künstliche Auffüllung**, die aus der Asphaltdecke und einer mehrere Dezimeter mächtige ungebundene Tragschicht zu erwarten. Darunter folgt nach Osten hin, talseitig, bis zu rund 1,5 m mächtiges gemischtkörniges Material, das vermutlich bereits bei der ursprünglichen Anlage des Feldwegs vor 1900 zum Geländeausgleich aufgebracht worden sein dürfte (s. Abschnitt 2).
- Neben dem Feldweg, im Bereich der Äcker bzw. des Gehölzstreifens, liegt zuoberst **Oberboden** im Sinne der DIN 18 915. Im Bereich der o.g. Geländeanschüttung wurde er

---

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

<sup>2</sup> Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), in der aktuellen Fassung

vermutlich künstlich aufgebracht. Details zu Mächtigkeit und bodenkundlichen Eigenschaften sind dem Bodenschutzkonzept (s. Abschnitt 1) zu entnehmen.

- Unter den Auffüllungen – westlich des Feldwegs auch direkt unter dem natürlichen Oberboden – folgt **Lösslehm**. Er entstand aus Löss, einem Schluff-Feinsand-Gemisch, das von eiszeitlichen Winden abgelagert wurde und durch allmähliche Verwitterung verlehmt. Der Lösslehm besteht im Wesentlichen aus beigebraunem, schwach feinsandigem, schwach tonigem bis tonigem Schluff. Die Konsistenz wechselt zwischen weich und halbfest.

Die Mächtigkeit nimmt von rund 10,5 m im Südosten des Baufelds, bei BK 6, auf bis zu 7,5 m im Nordwesten, nördlich von M 6, ab.

- Nach unten folgen **Hochterrassenschotter**, die eiszeitlich, im Alt- und Mittelpleistozän, von einem Vorläufer des Neckars abgelagert wurden. Heute, nachdem der Neckar sich im Laufe der Jahrtausende tief ins Heilbronner Becken eingegraben hat, liegen sie mehrere Zehner Meter über der derzeitigen Flussaue. Sie bestehen ganz überwiegend aus Geröllen von Muschelkalk-, Oberjura- und seltener Buntsandstein-Material. Zwischen Frankenbach und Großgartach (Leingarten) wurden sie als "Frankenbacher Schotter" in der Vergangenheit abgebaut.

Entsprechend der aktuellen Erkundung setzen sich die Hochterrassenschotter im Untersuchungsgebiet aus schwach sandigen bis sandigen, gerundeten Kiesen aus Kalkstein und Sandstein zusammen, die stellenweise einen gewissen Schluffanteil aufweisen. Nach Süden hin kann der Schluffanteil auch überwiegen.

Im Heilbronner Raum sind die Hochterrassenschotter häufig durch Kalzitlösung und -ausfällung zu felshartem Konglomerat, dem so genannten Nagelfluh, zementiert. Im aktuellen Baufeld wurden keine Hinweise auf Nagelfluh innerhalb der Hochterrassenschotter festgestellt.

Die Oberfläche der Hochterrassenschotter fällt im Baufeld von rund 167,5 mNN im Westen auf etwa 164 mNN im Nordosten und rund 163 mNN im Südosten ab (Anlage 3.2.1). Sie liegt rund 8 m bis 11 m unter Gelände. Die Mächtigkeit der Hochterrassenschotter nimmt von bis zu 5 m im Norden des Baufelds auf weniger als 1 m im Süden ab.

- Darunter schließt **umgelagerter Gipskeuper** an: Dabei handelt es sich um Material des ursprünglich im Bereich des Gartacher Felds über dem Lettenkeuper anstehenden Gipskeupers (Grabfeld-Formation), das im Zuge von früheren Gipsauslaugungsprozessen entfestigte und verstürzte und vermutlich während des Pleistozäns durch erosive Prozesse umgelagert wurde. Es ist mit Kalkstein- und Sandsteingeröllen fluvialer Herkunft vermengt.

Gemäß den Erkundungsbohrungen besteht der umgelagerte Gipskeuper im Wesentlichen aus nicht geschichtetem, schwach tonigem, olivgrünem, grüngrauem und violettbraunem Schluff. Stellenweise sind auch Reste der im Ausgangsgestein durchgängigen

feinlamierten Schichtung erkennbar. In wechselnden Anteilen ist in den Schluff Kies aus kantigem Dolomitstein und Tonstein und gerundetem Kalkstein und Sandstein eingelagert.

Die Konsistenz der bindigen Anteile ist halbfest und halbfest bis fest. Weiche und steife Abschnitte, wie in den Bohrprofilen von R&P angesprochen, wurden während der aktuellen Erkundung nicht festgestellt.

Die Oberfläche des umgelagerten Gipskeupers fällt von 164 mNN im Südwesten, bei Bohrung M 7, auf 162 mNN im Südosten und etwa 160,5 mNN im Nordosten ab (Anlage 3.2.2). Sie liegt rund 11 m bis 14,5 m unter Gelände.

Die Basis des umgelagerten Gipskeupers wurde mit den Bohrungen nicht erreicht.

Wir gehen davon aus, dass er sich zur Tiefe hin in gleich bleibender Qualität bis zur Felsoberkante der Schichten des Lettenkeupers (Erfurt-Formation) fortsetzt.

Die Kammern des Bergwerks Heilbronn, in dem im Mittleren Muschelkalk Steinsalz abgebaut wurde (s. Abschnitt 2), liegen gemäß den Angaben in der Südwestdeutsche Salzwerke AG rund 200 m unter Gelände, wobei sich der geplante Bauwerksstandort demnach außerhalb des bisherigen Abbaugebiets befindet.

Demensprechend wurden am Bauwerksstandort gemäß den Messungen und Auswertungen der Südwestdeutsche Salzwerke AG (s. Unterlagen in Abschnitt 1) im Zeitraum von 1982 bis 2020 auch **keine bergbaubedingten Senkungen** festgestellt, siehe Anlage 1.3.

## 5 Grundwasser

Im Rahmen der Baugrunderkundungen wurde lediglich mit Bohrung BK 6 Grundwasser angetroffen. Die früheren Bohrungen M 6 und M 7 und auch die aktuelle Bohrung BK 5 dürften nicht bis in den Grundwasserleiter gereicht haben.

Das Grundwasser wurde in BK 6 in 22 m Tiefe, bei 151,78 mNN angetroffen und stieg daraufhin um 2 m auf 153,78 mNN an.

Hauptgrundwasserleiter sind die zur Tiefe hin anstehenden Schichten des Lettenkeupers; untergeordnet führen – wie mit Bohrung BK 6 belegt – aber auch durchlässige Bereiche im umgelagerten Gipskeuper Grundwasser. Das Grundwasser ist unter den nicht durchlässigen Abschnitten des umgelagerten Gipskeupers gespannt.

Der in BK 6 gemessene Grundwasserstand deckt sich recht gut mit den vorliegenden Grundwassergleichenkarten aus dem Stadtgebiet Heilbronn, wonach die Mittlere Grundwasserdruckfläche im Lettenkeuper im Bereich des Baufelds bei etwa 153 mNN liegt.

Nach unseren Erfahrungen zum Standort bzw. Untersuchungsergebnissen bei vergleichbarer Geologie können im Grundwasser Sulfatgehalte von über 300 mg/l auftreten. Wir empfehlen daher, das Grundwasser als schwach betonangreifend einzustufen sowie nach DIN 4030-1 und DIN EN 206-1 der Expositionsklasse XA 1 zuzuordnen.

Da auch das Gipskeupermaterial sulfathaltig sein kann, empfehlen wir Bauteile mit Einbindung in den umgelagerten Gipskeuper (evtl. Gründungspfähle) auf diese Expositionsklasse auszulegen.

## **6 Eigenschaften von Böden und Fels**

Bodenmechanische Versuche sind erforderlich, um die angetroffenen Böden und Gesteine mit Hilfe objektiver Vergleichswerte bodenmechanisch klassifizieren und charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen festlegen zu können. Im vorliegenden Fall haben wir

- Bohrlochrammsondierungen (Abschnitt 6.1) und
- Laborversuche (Abschnitt 6.2): Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts, der Zustandsgrenzen und der Korngrößenverteilung an ausgewählten Bodenproben durchgeführt.

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

Die Ergebnisse der Feldversuche und geomechanischen Laborversuche sind in Abschnitt 6.1 bzw. Abschnitt 6.2 und die orientierenden abfalltechnischen Untersuchungen in Abschnitt 6.5 beschrieben.

Die Klassifikationen und charakteristischen Kennwerte sind in Abschnitt 6.3 zusammengestellt. In Abschnitt 6.4 sind die Homogenbereiche des Baugrunds nach den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) der VOB – Teil C, Ausgabe 2019, beschrieben.

### **6.1 Ergebnisse der Feldversuche**

Während der Erkundung wurden in jeder Bohrung in jeweils drei unterschiedlichen Tiefen insgesamt **6 Bohrlochrammsondierungen (BDP)**, Sondierungen mit geschlossener Spitze durchgeführt. Sie erlauben bodenmechanische Kennwerte abzuleiten und punktuell tiefenabhängige Unterschiede im Baugrund zu erkennen. Die Ergebnisse der BDP-Versuche sind

unter den Bohrprofilen der Bohrungen (Anlagen 2.1) aufgeführt. In der Regel werden drei Schlagzahlen  $N_{15}$  für je 15 cm Eindringung der Sonde unter die Bohrlochsohle ausgewiesen. Die Schlagzahl für die Eindringung von 15 cm bis 45 cm heißt  $N_{30}$  und ist neben dem Bohrprofil in der Tiefenlage des Versuchs angegeben.

Ergebnisse:

- Hochterrasse, kiesig:  $N_{30} = 28$  bzw.  $31$ ; im Mittel  $30$ ; 2 Versuche
- Gipskeuper, umgelagert:  $N_{30} = 35$  bis  $42$ ; im Mittel  $38$ ; 4 Versuche

Im Ergebnis weisen die Sondierungen für die kiesigen Hochterrassenschotter eine mitteldichte Lagerung aus.

Im umgelagerten Gipskeuper belegen die Schlagzahlen eine halbfeste bis feste Konsistenz bzw. das Vorhandensein von eingelagerten Steinen.

## 6.2 Ergebnisse der Laborversuche

Der **Lösslehm** ist nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 als feinkörniger Böden zu bezeichnen. Die im Labor an einer Probe ermittelten Konsistenzgrenzen klassifizieren den schluffig-tonigen Boden mit den Wassergehalten an der Fließgrenze  $w_L$  von etwa 34 % und 12 % an der Ausrollgrenze  $w_P$  als leicht- bis mittelplastischen Ton (TL/TM), siehe Anlage 4.1.

Für die an insgesamt 11 Proben festgestellten natürlichen Wassergehalte  $w_n$  von 7 % bis 22 %, im Mittel 16 %, ergibt sich:

- für 5 Proben eine weiche Konsistenz,
- für 4 Proben eine steife Konsistenz,
- für 1 Probe eine halbfeste Konsistenz und
- für 1 Probe eine feste Konsistenz.

Die gewisse Unterschätzung der Konsistenz aus der Bestimmung der Zustandsgrenze gegenüber der Bewertung im Feld um bis zu einer Stufe (weich statt steif bzw. steif statt halbfest usw.) liegt an dem hohen Mittel- bis Grobschluffanteil sowie am Feinsandanteil, die tendenziell im Labor eine geringere Konsistenz ergeben, als im Feld vorhanden ist. Daher gehen wir weiterhin von einer überwiegend steifen bis halbfesten Konsistenz aus.

An einer Proben aus dem **Hochterrassenschotter** wurde die Korngrößenverteilung bestimmt (Anlage 4.2). Die kiesigen Hochterrassenschotter sind im Ergebnis nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 als Kies mit Sandgehalten von rund 28 % und Feinkornanteilen ( $d < 0,063$  mm) von rund 6 % einzustufen. Daraus ergibt sich die Klassifikation als gemischt-körniger Boden mit intermittierend bis weitgestufter Körnungslinie (GU/GT).

Für das **umgelagerte Gipskeupermaterial** wurde an insgesamt 15 Proben der natürlichen Wassergehalt  $w_n$  von 13 % bis 27 %, im Mittel 19 % bestimmt. Bei diesen Wassergehalten und der im Gelände festgestellten halbfesten bis festen Konsistenz, ist der umgelagerte, überwiegend tonig-schluffige Verwitterungsboden gemäß Korrelationen als ausgeprägt plastischer Ton (TA) nach DIN 18 196 einzustufen.

### 6.3 Klassifikation und charakteristische Kennwerte

Anhand der Bodenansprache im Gelände, der Ergebnisse der Feld- und Laborversuche sowie unseren Erfahrungen mit bodenmechanisch bzw. felsmechanisch gleichartigen Böden und Fels kann der Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch charakteristische Kennwerte für statische Untersuchungen beschrieben werden (Tabelle 1).

Die in der Tabelle 1 angegebenen Steifemoduln gelten für die Erstbelastung und sind charakteristische Werte für den aus der erwarteten Belastung anzusetzenden Spannungsbereich. Für eine Wiederbelastung können Werte in doppelter Größe angesetzt werden.

Das Baugrundstück liegt nach DIN 4149:2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen, hier für Baden-Württemberg, außerhalb von Erdbebenzonen.

geol. Bezeichnung	Auffüllung <sup>1)</sup>	Lösslehm	Hochterrassen- schotter	Gipskeuper umgelagert
Konsistenz (vorherrschend)	steif	steif bis halbfest	-	halbfest bis fest
Lagerungsdichte	-	-	mitteldicht	-
<b>Klassifikationen</b>				
Bodengruppe (DIN 18 196)	A [TL, TM, GT*, GT, X]	TL, TM	GT, GT*, GU, GU*, GW/ ST, ST*, SU, SU*, (TL), X	TM, TA (GT*) (Ust, Tst, Dst, Kst, Sst)
Bodenklasse (DIN 18 300: 2012-09)	4, (5)	4	3, (5)	4, (6)
Bodenklasse (DIN 18 301: 2012-09)	BB2, BB3, BN2/ BS1, BS2, BS3	BB2, BB3	BN1, BN2 (BB2, BB3)/ BS1, BS2, BS3	BB2, BB3, BB4/ BN2/FV1
Frostempfindlichkeit	sehr	sehr	mittel bis sehr	sehr
Klasse nach ZTV E-StB 17	F3	F3	F2 bis F3	F3
Schrumpfgefahr	mittel bis groß	mittel bis groß	keine	gering bis mittel
Sackungsgefahr	mittel	gering	keine	keine
<b>charakteristische Kennwerte</b>				
Wichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20	19	21	20
unter Auftrieb $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	10	9	11	10
Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	25	25	35/32,5	25
Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5	10 bis 15	0/2,5 bis 5	15 bis 25
Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] für Setzungsberechnung	-	10 bis 15	40 bis 60	20 bis 40

<sup>1)</sup> die Asphaltdecke und der Unterbau des Feldweges sind gesondert zu bewerten

Tabelle 1: Klassifikationen und charakteristische Kennwerte

## 6.4 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.

Nach derzeitigem Kenntnisstand wird für das vorliegende Bauvorhaben mit Homogenbereichen folgender Gewerke des Tiefbaus entsprechend den ATVs gerechnet:

- ATV DIN 18 300, Erdarbeiten,
- ATV DIN 18 301, Bohrarbeiten sowie ggf.
- ATV DIN 18 304, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten.

Zur Vereinfachung von Ausschreibung, Aufmaß und Abrechnung werden die Homogenbereiche einheitlich für die erwarteten Bauverfahren festgelegt und in nachfolgender Tabelle 2 anhand der Bandbreite ihrer Kennwerte definiert sowie zeichnerisch in den Anlagen 3 dargestellt.

Homogenbereich Nr. geol. Bezeichnung	A 1 <sup>1)</sup> Auffüllung	B 1 Lösslehm	B 2 Hochterrassenschotter	B 3 Gipskeuper, umgelagert
<b>Boden</b>				
Bodengruppe (DIN 18 196)	A [TL, TM, GT*, GT, X]	TL, TM	GT, GT*, GU, GU*, GW/ ST, ST*, SU, SU*, (TL), X	TM, TA (GT*) (Ust, Tst, Dst, Kst, Sst)
Kornkennzahlen (DIN EN ISO 14688-4)	T/U/S/G	T/U/S/G	T/U/S/G	T/U/S/G
Obergrenze Körnungsband	30/60/10/0	50/50/0/0	15/30/55/0	50/50/0/0
Untergrenze Körnungsband	2/10/13/40	10/35/40/5	0/2/13/50	5/25/40/20
Stein- und Blockanteile [%] (DIN EN ISO 14 688-1)	< 35 Steine <sup>2)</sup> < 20 Blöcke <sup>2)</sup>	< 10 Steine <sup>2)</sup> keine Blöcke <sup>2)</sup>	< 30 Steine <sup>2)</sup> < 30 Blöcke <sup>2)</sup>	< 10 Steine <sup>2)</sup> keine Blöcke <sup>2)</sup>
Lagerungsdichte (DIN 18 126)		-	mitteldicht	-
Plastizitätszahl I <sub>p</sub> (DIN EN ISO 17892-12)	-	12 bis 40	-	15 bis 50
Konsistenzzahl I <sub>c</sub> (DIN EN ISO 17892-12)	-	0,5 bis 1,5	-	0,5 bis 1,5
Wassergehalte [%]	< 30	7 bis 30	5 bis 25	5 bis 30
undr. Kohäsion c <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	-	50 bis 300	-	100 bis 300
Dichte ρ [t/m <sup>3</sup> ]	1,8 bis 2,2	1,8 bis 2,1	2,0 bis 2,3	1,9 bis 2,1
organische Anteile, Glühverlust [%] (DIN 18 128)	< 6	< 3	< 3	< 3
Abrasivität nach NF P18-579 LAK [g/t]	0 bis 600	0 bis 250	150 bis 500	0 bis 250
orientierende Einstufung nach VwV/DepV <sup>3)</sup>	Z0/DK0	Z0	Z0	Z0

<sup>1)</sup> die Asphaltdecke und der Unterbau des Feldweges sind gesondert zu bewerten

<sup>2)</sup> Steine bis Ø 200 mm, Blöcke bis Ø 630 mm gemäß Norm

<sup>3)</sup> s. Abschnitt 6.5

Tabelle 2: Homogenbereiche nach DIN 18 300/18 301/18 304

Die Homogenbereiche nach DIN 18 300 für Erdarbeiten gelten für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen. Die Homogenbereiche nach DIN 18 301 für Bohrarbeiten gelten für Bohrungen jeder Art und nach DIN 18 304 für das Einbringen und Ziehen von Bohlen, Pfählen, Trägern, Rohren, Lanzen und dergleichen durch Rammen, Rütteln oder Pressen.

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

Die in der Tabelle 2 genannten Homogenbereiche sind im Zusammenhang mit den angegebenen ATVs zu verwenden.

## 6.5 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

Aus den zwei niedergebrachten Kernbohrungen (Anlage 1.2) wurden für die **abfallrechtlichen Einstufungen** Einzelproben entnommen. Insgesamt wurden vier Mischproben nach unseren Vorgaben im chemischen Labor ICA – Institut für chemische Analytik GmbH, Leipzig, akkreditiert mit DAkkS D-PL-17484-01-00, auf den Umfang der VwV Bodenverwertung und einmal auf den Ergänzungsumfang der DepV<sup>3</sup> untersucht.

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

Danach ergeben sich die in Tabelle 3 zusammengestellten Einstufungen nach VwV Bodenverwertung und DepV.

Die vorliegenden Untersuchungen und die daraus resultierenden Einstufungen haben orientierenden Charakter. Das gemäß der durchgeführten abfallrechtlichen Untersuchung als Z 0 eingestufte Material ("MP 1 Auffüllung", "MP 2 Lösslehm", "MP 3 Gipskeuper", "MP 4 Terrassenschotter") kann aus unserer Sicht uneingeschränkt in der Einbaukonfiguration Z 0 verwertet werden. Für das zusätzlich nach DepV eingestufte Mischprobe "MP 1 Auffüllung" gilt nach dem KrWG (Kreislaufwirtschaftsgesetz) § 6 Abfallhierarchie<sup>4</sup>, dass eine Verwertung des Materials einer Beseitigung vorzuziehen ist. Eine Beseitigung ist nach § 6 erst dann erforderlich, wenn die technischen Möglichkeiten für eine Verwertung nicht gegeben sind, die Verwertung unwirtschaftlich oder sonstige negative sozialen Folgen mit sich zieht. Falls keine Verwertung möglich ist, kann das Material als DK 0 beseitigt werden. Dabei ist außerdem zu beachten, dass bei einem mineralischen Fremdbestandteilgehalt von mehr als 10 % eine Verwertung nur in technischen Bauwerken (Einbaukonfiguration Z 1.1) möglich ist.

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

---

<sup>3</sup> Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), in der aktuellen Fassung

<sup>4</sup> Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist

mineralischen und nichtmineralischen Fremdbestandteilen, und damit ggf. auch veränderte abfalltechnische Einstufungen nicht ausgeschlossen werden.

Probe	Einstufung VwV Boden/ DepV	Hinweise, Kommentar, Erläuterung zur Einstufung
"MP 1 Auffüllung" BK5: 1,0 m 2,0 m	Z 0/ DK 0	keine Überschreitung der Z 0/DK 0-Zuordnungswerte
"MP 2 Lösslehm" BK5: 3,0 m 5,0 m 6,0 m 9,0 m 10,0 m BK6: 1,0 m 2,0 m 3,0 m 4,0 m 5,0 m 6,0 m	Z 0	keine Überschreitung der Z 0-Zuordnungswerte
"MP 3 Gipskeuper" BK5: 15,0 m 17,0 m 19,0 m 21,0 m 23,0 m BK6: 12,0 m 14,0 m 16,0 m 18,0 m 20,0 m 22,0 m	Z 0	keine Überschreitung der Z 0-Zuordnungswerte
"MP 4 Terrassenschotter" BK5: 11,0 - 12,0 m 13,0 - 14,0 m	Z 0	keine Überschreitung der Z 0-Zuordnungswerte

Tabelle 3: Übersicht der untersuchten Misch- und Einzelproben und deren Einstufung nach VwV Bodenverwertung und DepV.

Während des Aushubs hat die Erdbaufirma zwingend auf Übereinstimmung des Aushubs mit den Beschreibungen in dem vorliegenden Gutachten zu achten. Bei Abweichungen wie z. B. ungewöhnlichen, nicht beschriebenen Verfärbungen, sensorischen (geruchlichen) Auffälligkeiten oder abweichender Zusammensetzung sollte umgehend die Bauleitung benachrichtigt werden, um das Vorgehen abzustimmen und ggf. den Gutachter zur Beurteilung hinzuzuziehen.

## 7 Bautechnische Folgerungen

Für den angetroffenen und beschriebenen Baugrund können zur weiteren Planung und Herstellung des Bauwerks Empfehlungen, Hinweise und Angaben

- zur Gründung (Abschnitt 7.1),
  - zum Herstellen der Baugruben (Abschnitt 7.2),
  - zu Hinterfüllung und Erddruck, Entwässerung (Abschnitt 7.3)
- gemacht werden.

### 7.1 Gründung

Die Baugrundverhältnisse sind gekennzeichnet durch die mäßig tragfähige Lösslehmdecke über den i.d.R. tragfähigen Hochterrassenschottern mit allerdings stark schwankender Schichtdicke und verlehmteter Ausbildung auf der Südseite und dem darunter folgenden, mäßig tragfähigen umgelagerten Gipskeuper.

Wir machen im Folgenden Angaben zu einer Flachgründung in den Einschnittsböschungen und zu einer Tiefgründung.

#### 7.1.1 Flachgründung

Aus unserer Sicht kann die Variante einer Flachgründung des integralen Bauwerks in den Einschnittsböschungen im Zuge der weiteren Planung untersucht werden, wobei unsere nachfolgenden Hinweise zu beachten sind.

Die Einschnittsböschungen und damit die Gründungssohlen der Widerlager liegen im witterungsempfindlichen Lösslehm.

Zur Vermeidung von standsicherheits-herabsetzenden Einflüssen, insbesondere aus Frostwirkung und Bodenschrumpfen auf den Lösslehm im Gründungsniveau empfehlen wir, einen lichten Mindestabstand zwischen Fundament-Vorderkante und Böschungsoberfläche von 1,5 m. Dazu sind die Fundamentunterkanten gegenüber der Planung gemäß Bauwerkskizze um rund 1 m tieferzuführen, wobei die UK-Sauberkeitsschicht dann im Niveau 169,7 mNN (WL-Süd) bzw. 169,4 mNN (WL-Nord) liegt.

Die Dimensionierung der Fundamente bzw. die Nachweisführung über die Abgabe von Bemessungswerten des Sohlwiderstands ist im vorliegenden Fall aufgrund der exzentrischen Belastung und der Lage der Fundamente im unmittelbaren Einflussbereich der Einschnittsböschungen nicht anwendbar.

Anhand der konkreten Fundamenteinwirkungen und unter Berücksichtigung der Lage im Böschungsbereich sind folgende geotechnische Nachweise zu führen:

- Grundbruchsicherheit nach DIN EN 1997-1 und DIN 4017,
- Gleitsicherheit nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054,
- Nachweis der zulässigen Außermittigkeit der Resultierenden in der Sohlfuge bzw. Kippsicherheit,
- Gesamtstandsicherheit und Böschungsstandsicherheit nach DIN EN 1997-1 u. DIN 4084.

Für die o. g. Gründungstiefen haben wir erste Grundbruch- und Setzungsberechnungen sowie eine Standsicherheitsuntersuchung der Einschnittsböschung wie folgt durchgeführt:

- Untersucht wurde die Bodenplatte WL-Süd, da hier mit dem höheren Grünungsniveau, der größeren Böschungshöhe und der höheren Mächtigkeit der Lösslehmdecke etwas ungünstigere Randbedingungen vorliegen. Insgesamt weichen die Verhältnisse zwischen beiden Widerlagern aber nicht stark voneinander ab.
- Die charakteristische Fundamenteinwirkungen wurden gemäß dem R&P-Bericht angesetzt, wobei diese Einwirkungen demnach wiederum durch den Planer unter Ansatz eines Bettungsmoduls  $k_s = 10 \text{ MN/m}^3$  ermittelt wurden.

Die Ergebnisse sind in Anlage 6 zusammengestellt und werden wie folgt bewertet.

Der Nachweis der Grundbruchsicherheit ist erfüllt. Der Nachweis der Außermittigkeit ist nicht erfüllt, die Resultierende unter ständigen Lasten liegt außerhalb der 1. Kernweite (klaffende Fuge; unzulässig). Demensprechend ergeben die Setzungsberechnungen mit stark ungleichmäßiger Sohlspannungsverteilung Setzungen von 3,5 cm an der Fundamentvorderseite und 0 cm an der Fundamentrückseite und somit eine Winkelverdrehung ( $\Delta s/l$ ) von rund 0,002, s. Anlage 6.1.

Der Nachweis der Böschungsstandsicherheit ist unter Berücksichtigung der Sohlspannungsverteilung der Bodenplatte erfüllt, siehe Anlage 6.2.

Hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise empfehlen wir, die Abmessungen der Fundamentplatte zu optimieren, wobei folgende Punkte zu berücksichtigen sind:

- Ermittlung der Fundamenteinwirkungen seitens des Tragwerksplaners auf Basis eines charakteristischen Werts des Bettungsmoduls von  $k_{s,k} = 5 \text{ MN/m}^3$ ,
- Dimensionierung der Gründung, wobei die o.g. Nachweise zu führen sind und die Resultierende unter ständigen Lasten innerhalb der 1. Kernweite liegen muss. Dadurch ergibt sich auch eine gleichmäßigere Sohlspannungsverteilung,
- Ermittlung der Setzungen und Winkelverdrehungen für beide Widerlagerfundamente,
- Prüfung der Setzungen, Setzungsdifferenzen und Verdrehungen im Hinblick auf die Verträglichkeit für die integrale Bauweise.

### 7.1.2 Tiefgründung

Alternativ zur oben beschriebenen Flachgründung kann auch eine Tiefgründung erfolgen. Hierfür empfehlen wir **Großbohrpfähle** bis in den umgelagerten Gipskeuper zu führen. Bei rammende bzw. vibrierende oder verdrängende Alternativ-Verfahren bestehen erhöhte Ausführungsrisiken hinsichtlich Hindernissen, insbesondere in den Hochterrassenschottern.

Bei der Herstellung von Bohrpfählen sind die Vorgaben der DIN EN 1536 sowie DIN SPEC 18 140 und für die Vergabe die DIN-VOB 18 301 zu beachten.

Die Pfähle müssen mit schwerem Gerät hergestellt werden. Daher wird ein ausreichend tragfähiges Arbeitsplanum erforderlich.

Für die Herstellung und Einbindung der Großbohrpfähle in das Grundwasser ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

Die charakteristischen Werte für Mantelreibung und Spitzendruck zur Dimensionierung einer Bohrpfahlgründung sind auf der Grundlage der DIN 1054 festzulegen. Es können abweichend von diesen Bemessungswerten höhere Pfahltragfähigkeiten auf der Grundlage von Pfahlprobelastungen festgelegt werden.

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse und unseren Erfahrungen unter vergleichbaren Randbedingungen sowie in Anlehnung an die Erfahrungswerte aus der EA-Pfähle für Böden und Halbfestgesteine (Tabellen 5.13 bis 5.15 und 5.18) mit vergleichbaren Eigenschaften empfehlen wir im Hinblick auf die Bemessung der Bohrpfähle die charakteristischen Widerstands-Werte für den Bruchwert der Pfahlmantelreibung  $q_{s,k}$  und Pfahlsitzendruck  $q_{b,k}$  gemäß nachfolgender Tabelle anzusetzen, wobei die Schichtgrenzen in den Anlagen 3 dargestellt sind.

Die Durchführung von Pfahlprobelastungen ist unter den vorliegenden Randbedingungen und den genannten Voraussetzungen aus unserer Sicht nicht erforderlich.

geol. Bezeichnung	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Pfahlsitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Lösslehm	-	-
Terrassenschotter	0,12	-
Gipskeuper, umgelagert	0,10	1,3 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Pfahl-Mindesteinbindetiefe von 2,5 m in den umgelagerten Gipskeuper ist zu beachten

Tabelle 4: Charakteristische Pfahlwiderstände, ohne Abminderung für die Pfahl-Achsabstände

Hinsichtlich der Setzungen ist mit folgenden Beträgen zu rechnen, wobei wir voraussetzen, dass die Bohrlochsohlen mit einer Räumleiste sauber beräumt werden:

- wahrscheinliche Setzung: 1 cm im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) und
- mögliche Setzung: 1,5 cm im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT).

Zu den Pfahlersatzfedersteifigkeiten können wir bei Bedarf und nach Vorlage des Entwurfs, den Pfahldurchmessern und Pfahllängen sowie den charakteristischen Einwirkungen entsprechende Angaben machen.

Zum zulässigen Abstand von Einzelpfählen bzw. zur Reduzierung der Pfahlwiderstände 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 Abständen  $\leq 1 \cdot D$  verringert sich die Fläche, in der Mantelreibung übertragen werden kann. Beim Spitzendruck ist zu berücksichtigen, dass mit abnehmendem Pfahlabstand der beim Einzelpfahl vorliegende dreidimensionale Spannungszustand in ein ebenes Problem übergeht.

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·D	1,5·D	2·D	2,5·D	≥ 3·D
Abminderungsfaktor	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Diese Abminderungen gelten für Pfahlreihen mit wiederholt engen Pfahlabständen. Falls nur zwei Pfähle zueinander geringe Abstände aufweisen, sind die Reduktionen geringer:

Achsabstand in einer Pfahlreihe	1·D	1,5·D	2·D	2,5·D	≥ 3·D
Abminderungsfaktor	0,85	0,89	0,93	0,96	1,0

Bei durch Horizontallasten querbeanspruchten Pfählen ist nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054, Abs. 7.7 vorzugehen, wobei insbesondere auch die Einschnittsböschungen zu berücksichtigen sind.

Bei Bedarf und nach Vorlage des Entwurfs können wir hierzu ergänzend beraten.

Die Abtragung größerer Horizontallasten kann auch über Schrägpfähle erfolgen. Verfahrenstechnisch ist die Herstellung von Bohrpfählen mit einer Neigung von 1:10 gegen die Vertikale ohne technische Schwierigkeiten möglich, auch Neigungen von bis zu 1:8 werden ausgeführt.

## 7.2 Herstellen der Baugruben

Für die Herstellung der Widerlager betragen die Baugrubentiefen nach der vorliegenden Bauwerksskizze 5,1 m bzw. für die in Abschnitt 7.1.1 beschriebene Flachgründung mit tieferer Fundamenteinbindung bzw. Tieferführungen 6,1 m.

### 7.2.1 Wiederverwendung von Böden, Baugrubensohle und Bohrebene

Die Bodenklassen und Bodengruppen der zu lösenden Schichten sind in Tabelle 1 angegeben und die Homogenbereiche nach DIN 18 300, DIN 18 301 und DIN 18 304 in Tabelle 2 definiert.

Die Ergebnisse der orientierenden abfallrechtlichen Untersuchung sind in Abschnitt 6.5 beschrieben.

Beim Aushub der Baugruben werden im Wesentlichen Lösslehm-Böden anfallen, auf deren **geotechnische Eignung zum Wiedereinbau** wir nachfolgend eingehen. Im Zuge der Pfahlherstellung fällt als Bohrgut ein Gemisch aus sämtlichen Schichten an.

Das Aushubmaterial aus dem Lösslehm ist aufgrund der bindigen Ausbildung und der daraus resultierenden bodenmechanischen Eigenschaften und Witterungsempfindlichkeit nur bedingt für einen qualifizierten Wiedereinbau geeignet. In Bereichen mit Tragfähigkeitsanforderungen bzw. erhöhten Verdichtungsanforderungen ist für den Wiedereinbau eine Bindemittelbehandlung vorzusehen. Für die Bindemittelbehandlung sind die Richtlinien der ZTV E-StB zu beachten. Bei einer Wiederverwendung in Geländemodellierungen oder niedrigen Lärmschutzwällen, in denen Sackungen bis zu 3 % der Schütthöhe in Kauf genommen werden können, kann das Aushubmaterial auch ohne Bodenverbesserungsmaßnahmen (Behandlung mit Bindemitteln) eingebaut werden. Das gewonnene und zum Wiedereinbau vorgesehene Material sollte aufgrund der Witterungsempfindlichkeit möglichst unmittelbar nach dem Aushub wieder eingebaut und eine Zwischenlagerung nur in Ausnahmen vorgenommen werden. Beim Zwischenlagern sind die Aushubböden vor Witterungseinflüssen derart zu schützen, dass die Einbaufähigkeit erhalten bleibt. Dazu ist das Material geordnet zu deponieren, also mit Gefälle einzubauen und zu verdichten, außerdem abzudecken oder glatt abzuwalzen.

Die **Baugruben-/Aushubsohlen** liegen in witterungsempfindlichen Lösslehmböden. Diese können bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung rasch aufweichen. Es ist daher zweckmäßig über der endgültigen Baugrubensohle eine Schutzschicht zu belassen, solange Fahrbetrieb auf der Baugrubensohle stattfindet. Nach dem Abtrag dieser Schutzschicht ist die endgültige Aushubsohle noch am gleichen Tag durch Aufbringen der Sauberkeitsschicht (Variante Flachgründung) bzw. Aufbau der Bohrebene (Variante Tiefgründung) zu schützen.

Zur Schaffung eines ausreichend tragfähigen Arbeitsplanums für das Großbohrgerät (**Bohr-ebene** Variante Tiefgründung) empfehlen wir das Einfräsen von Bindemitteln (Frästiefe 30 cm bis 40 cm) in den anstehenden Lösslehmboden und das Aufbringen einer Grobschottererschüttung  $d \geq 0,5$  m.

Je nach Bauablauf bzw. Aushubzustand der Einschnittböschungen zum Zeitpunkt der Pfahlherstellung und Lage der Pfähle bzw. der Positionierung des Großbohrgeräts können zusätzliche Böschungsstandsicherheitsnachweise für die Bauzustände erforderlich werden.

### 7.2.2 Ausbildung der Baugrubenwände

Ohne rechnerische Nachweise der Standsicherheit dürfen bauzeitlich nach DIN 4124 bei Böschungshöhen bis 5 m folgende freien Neigungen realisiert werden:

- Auffüllung            45°
- Lösslehm             60°

Bei diesen Böschungen muss stets ein lastfreier Streifen von mindestens 2 m an der Böschungsschulter freigehalten werden. Falls Aushubmaterial zwischengelagert wird, ist ein Mindestabstand von 5 m zwischen Böschungsschulter und Zwischendeponie einzuhalten. Ferner ist sicherzustellen, dass kein Oberflächenwasser über die Randböschungen fließt. Hierzu ist es zweckmäßig, sofern ein Gefälle zur Baugrube besteht, kleine Erdwälle oder Schwellen auf den Böschungskronen anzulegen und für eine gezielte Ableitung von oberflächlich zusammenfließendem Wasser zu sorgen. Die Böschungen sollten durch eine Folie gegen Witterungseinflüsse geschützt werden.

Bei Böschungshöhen von über 5 m bzw. gegenüber den o. g. Angaben steileren Neigungen, sind in diesen Bereichen die Voraussetzungen der DIN 4124 zur Herstellung freier Böschungen ohne Standsicherheitsnachweis nicht zutreffend und es sind rechnerische Nachweise nach DIN 4084 zu führen.

Da die Baugruben bei der Variante Flachgründung Tiefen von über 5 m erreichen, haben wir Böschungsstandsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 mit folgenden Ansätzen durchgeführt, siehe Anlage 6.3:

- Böschungsgeometrie:  $H = 6,1$  m; Neigung 60°
- Böschung komplett im Lösslehm, evtl. vorhandene Auffüllungen sind im Zuge eines Vorabtrags zu entfernen bzw. sind die Böschungen in Auffüllungsböden auf 45° abzuflachen
- Verkehrslast:  $p = 10$  kN/m<sup>2</sup>; im Abstand von 2 m zur Böschungsschulter
- Bemessungssituation: Die Berechnungen wurden für den Bauzustand (Bemessungssituation BS-T gemäß DIN 1054) durchgeführt
- Ansatz der bodenmechanischen Kennwerte gemäß Tabelle 1

Die geotechnischen Nachweise zur Böschungsstandsicherheit wurden nach DIN 4084 per EDV (Programmsysteme GGU - Stability, entwickelt von der Fa. GGU, Braunschweig) geführt.

Die Ergebnisse der Standsicherheitsbetrachtung sind in grafischer Form der Anlage 6.3 zu entnehmen, wobei die folgenden Randbedingungen und Ansätze ersichtlich sind:

- der zugrundeliegende Baugrundsichtaufbau einschließlich der angesetzten bodenmechanischen Kennwerte,
- die Teilsicherheitsbeiwerte und
- die Geometrie der Böschung einschließlich Maßketten.

Auf Grundlage des Teilsicherheitskonzepts ist ein Ausnutzungsgrad  $\mu \leq 1,0$  nachzuweisen. Der Standsicherheitsnachweis ist mit  $\mu = 0,99 < 1,0$  erfüllt, siehe Anlage 6.3.

Unabhängig von der Standsicherheit ist die Böschungsneigung aus der Funktion der späteren Hinterfüllung als "Schleppkeil" zu beachten, die gemäß ZTV E-StB 17 nicht steiler sein soll als:

- 1:2 bei nachträglicher Hinterfüllung in Dammlage sowie
- 1:1 bei Einschnitten und gleichzeitig mit der Dammschüttung ausgeführten Hinterfüllungen.

### 7.3 Hinterfüllung und Erddruck, Entwässerung

Für die Hinterfüllung von Bauwerken (Verfüllung von Arbeitsräumen) sind hinsichtlich Materialwahl und Verdichtungsanforderungen in Deutschland bei Brückenwiderlagern und Stützwänden die Regeln des Erdbaus im Straßenbau zu beachten. Grundregelwerk ist dabei die ZTV E-StB 17, die als Vertragsgrundlage vereinbart werden sollten. Unsere Empfehlungen beruhen ebenfalls darauf.

Für die Hinterfüllung des Brückenbauwerks ist in Ergänzung zur ZTV E-StB auch das Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke (M HifüBau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2017) zu beachten.

Die Hinterfüllbereiche der Widerlager liegen im Einflussbereich der Fahrbahn. Die Hinterfüllung unter Verkehrsflächen sollte mit gut abgestuftem, grob- oder gemischtkörnigem Material erfolgen, bei dem der Anteil an Korn unter  $d = 0,063$  mm jedoch auf maximal 12 % begrenzt ist (Bodengruppen GW, GI, SW, SI, GT, GU nach DIN 18 196). Entsprechend ZTV E-StB, Abs. 10.2.4, können auch Boden-Bindemittel-Gemische im Hinterfüllbereich eingebaut werden. Das verwendete Hinterfüllmaterial muss verwitterungsbeständig und umweltverträglich sein. Es darf keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven

Bestandteile enthalten. Zur Vermeidung von Sackungen ist die Hinterfüllung lagenweise einzubauen und auf einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100$  % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Bei Boden-Bindemittel-Gemischen ist zusätzlich ein Luftporenanteil  $n_a \leq 12$  % nachzuweisen. Feinkörnige Böden ohne Bindemittelstabilisierung sind im Hinterfüllbereich auszuschließen, auch wenn aufgrund des natürlichen Wassergehalts eine ausreichende Verdichtung möglich wäre. Gegebenenfalls ist bei der Herstellung der Boden-Bindemittel-Gemische Wasser zuzugeben. Die Bindemitteldosierung und die evtl. erforderliche Wasserzugabe sind im Rahmen von Eignungsprüfungen festzulegen.

Der Verdichtungserfolg ist durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen nachzuweisen.

Außerhalb des Einflussbereiches von Verkehrsflächen kann auch verdichtungsfähiges im Rahmen der Baumaßnahme anfallendes bindiges Material in die Arbeitsräume eingebaut werden. Hier ist eine lagenweise Verdichtung auf einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 95$  % der einfachen Proctordichte ausreichend, wobei in diesen Bereichen aber langfristig mit Sackungen von mehreren Zentimetern (rund 3 % der Verfüllhöhe) gerechnet werden muss. Um in diesen Bereichen weitere langfristige Sackungen zu vermeiden, empfehlen wir auch hier einen Luftporengehalt von  $n_a \leq 12$  % einzuhalten.

Unverschiebliche Bauwerke sind nach DIN 4085 grundsätzlich auf einen erhöhten aktiven **Erddruck** bzw. den Erdruhedruck zu bemessen. Bei den geplanten Widerlagern, die nachträglich angeschüttet werden, ist mit dem Erddruck aus dem geschütteten und verdichteten Auffüllmaterial zu rechnen. Aufgrund von Messungen an hinterfüllten Bauwerken aus Stahlbeton, über die in der Literatur berichtet wird, und in Übereinstimmung mit DIN 4085, ist für die Bauteilbemessung der Erdruhedruck maßgebend. Der Erdruhedruck ist nicht umzulagern. Zur Berücksichtigung der horizontalen Verspannung infolge der Bodenverdichtung muss als Mindesterdruk ein Verdichtungserddruk von  $e_v = 25 \text{ kN/m}^2$  angesetzt werden.

In Abhängigkeit von der Scherfestigkeit des Verfüllmaterials haben wir Erdruhedruckbeiwerte bei ebenem Gelände in nachfolgender Tabelle 5 geschätzt.

Beiwert für	grob- und gemischt- körniges Material (Feinkornanteil < 15 %)	feinkörnige Böden (Feinkornanteil $\geq 15$ %)
Erdruhedruck $K_{0gh}$	0,46 – 0,39	0,58 bzw. 0,54 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> bei Boden-Bindemittel-Gemischen

Tabelle 5: Erdruhedruckbeiwerte bei Verfüllungen und ebenem Gelände sowie lotrechter Wand

Für die **Bemessung integraler Bauwerke** sind zusätzliche Betrachtungen des minimalen (aktiven) Erddrucks  $\min E_{ah,k}$  und des (maximalen) mobilisierten passiven Erddrucks vorzunehmen, wobei der mobilisierte Erddruck  $E_0 < E_{ph,mob} < E_{ph}$  ist.

Die minimalen und maximalen Erddruckbeiwerte  $E_{ah}$  und  $E_{ph}$  für die verschiedenen Hinterfüllmaterialien ist in Tabelle 6 angegeben.

Beiwert für	grob- und gemischt- körniges Material (Feinkornanteil < 15 %)	feinkörnige Böden (Feinkornanteil $\geq$ 15 %)
aktiven Erddruck $K_{agh}$	0,25 - 0,20	0,35 bzw. 0,31 <sup>1)</sup>
aktiven Erddruck $K_{ach}$	0,87 - 0,76	1,04 bzw. 0,98 <sup>1)</sup>
passiven Erddruck $K_{pgh}$	7,15 - 12,10	3,91 bzw. 4,70 <sup>1)</sup>
passiven Erddruck $K_{pch}$	8,28 - 12,73	5,18 bzw. 5,96 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> bei Boden-Bindemittel-Gemischen

Tabelle 6: minimale und maximale Erddruckbeiwerte bei Verfüllungen und ebenem Gelände sowie lotrechter Wand

Der mobilisierte Erddruck  $E_{ph,mob,k}$  kann nach Vogt (siehe M HifüBau, Abs. 5.1.3) bestimmt werden. Eine vorhandene Kohäsion im Hinterfüllmaterial sollte zusätzlich berücksichtigt werden.

Für einen ersten Bemessungsansatz kann für eine Hinterfüllung mit einer qualifizierten Bodenverbesserung im Sinne der ZTV E-StB (Bindemittelzugabemenge  $\geq$  3 M.-%) die Kohäsion  $c_k$  in einer Bandbreite von 15 kN/m<sup>2</sup> bis 400 kN/m<sup>2</sup> angesetzt werden. Für eine qualifizierte Bodenverbesserung wird eine Eignungsprüfung erforderlich, bei der dann die Bindemitteldosierung entsprechend den zu erreichenden bodenmechanischen Rechenwerten ermittelt wird.

Die weiteren Hinweise im Merkblatt M HifüBau der FGSV zu den Einflüssen der Hinterfüllung, des Bauablaufs und des Bauwerks auf die Größe des Erddrucks und die Berechnungsansätze für integrale Bauwerke sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der **Entwässerung** der Bauwerkshinterfüllungen verweisen wir auf die Zeichnung Was 7 der Bundesanstalt für Straßenwesen.

## 8 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung

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 der Schichtgrenzen - zwischen den Erkundungspunkten sind möglich. Eine **Baugrundüberprüfung** während der Erdarbeiten ist daher zwingend erforderlich:

- Abweichungen von der beschriebenen Schichtung und Beschaffenheit des Untergrunds und von den angegebenen Grundwasserverhältnissen sind uns sofort mitzuteilen.
- Bei der Variante Flachgründung ist die Gründungssohle von uns begutachten zu lassen.
- Bei der Variante Tiefgründung sind die Pfahlbohrungen von uns zeitweise begleiten zu lassen.

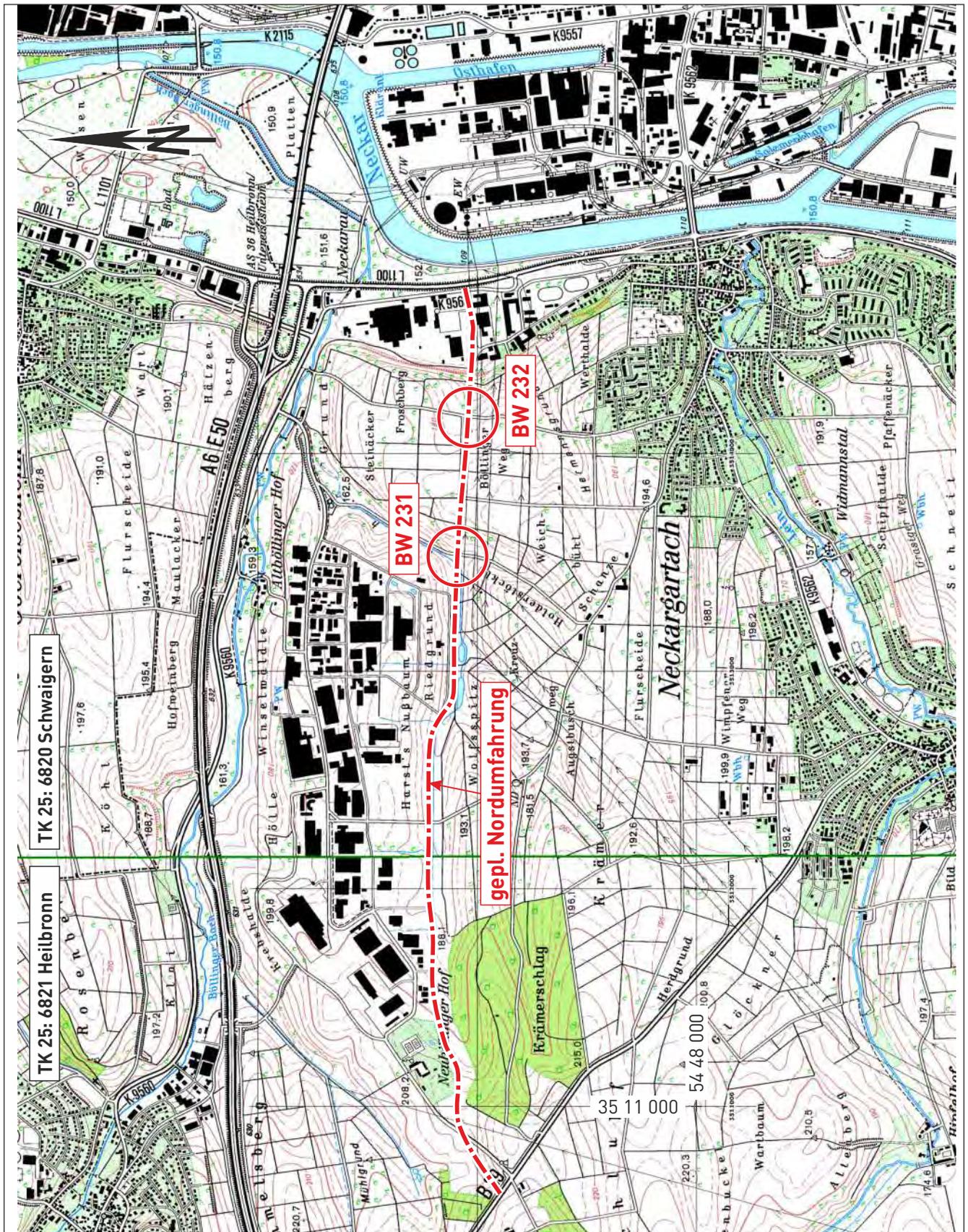
Wir bitten, uns rechtzeitig zu benachrichtigen.

Für die bei der Variante Tiefgründung in das Grundwasser einbindenden Gründungspfähle ist eine **wasserrechtliche Erlaubnis** erforderlich und entsprechend zu beantragen.

Die bautechnischen Angaben und Empfehlungen beruhen außer dem Baugrundmodell auch auf den uns vorliegenden Unterlagen und Lastangaben. Planerische oder konstruktive Änderungen gegenüber den beschriebenen Randbedingungen, Abmessungen und Einflüssen, die hier einen relevanten Einfluss haben könnten, sind uns daher mitzuteilen.

Für spezielle boden-/felsmechanische Fragestellungen, z. B. zu Pfahlersatzfedersteifigkeiten o. ä., empfehlen wir eine direkte Abstimmung zwischen dem Tragwerksplaner und uns.

<u>Anlagen</u>	Anlage
<b>Lagepläne des geplanten BW 232 Feldwegbrücke am Näßfle</b>	
▪ Übersichtslageplan (M 1:25.000)	1.1
▪ Lageplan (M 1:500) der Erkundungspunkte und Verlauf des geologischen Schnittes (Anlage 3)	1.2
▪ Lageplan (M 1:2.500) mit den Isolinien der Senkungen im Zeitraum 1982 bis 2020 gemäß Angaben Südwestdeutsche Salzwerke AG	1.3.1
▪ Lageplan (M 1:500) mit den Isolinien der Senkungen im Zeitraum 1982 bis 2020 gemäß Angaben Südwestdeutsche Salzwerke AG im Bauwerksbereich	1.3.2
<b>Schichtenfolgen der Kernbohrungen (M 1:100)</b>	
▪ Kurzzeichen und Abkürzungen	2.0
▪ Kernbohrungen S&P 2022	
- BK 5	2.1.1
- BK 6	2.1.2
▪ Bohrkernfotos der Kernbohrungen S&P 2022	
- BK 5 (3 Blatt)	2.2.1
- BK 6 (3 Blatt)	2.2.2
▪ Kernbohrungen Roth & Partner 2016: M 6 und M 7 (2 Blatt)	2.3
<b>Baugrundmodell</b>	
▪ Geologischer S-N-Geländeschnitt (M 1:500) entlang der Gradienten	3.1
▪ Schichtlagerungskarten (M 1:500) mit Höhenlage (mNN und m u. Gel.) der Oberfläche	
- der Hochterrassenschotter	3.2.1
- des umgelagerten Gipskeupers	3.2.2
<b>Bodenmechanische Laborversuche</b>	
▪ Zustandsgrenzen des Lösslehms	4.1
▪ Korngrößenverteilung der Hochterrassenschotter	4.2
<b>Chemische Untersuchungen</b>	
▪ Auswertetabellen nach VwV Bodenverwertung (5 Blatt)	5.1
▪ Prüfberichte des chemischen Labors (6 Blatt)	5.2
<b>Ergebnisse der geotechnischen Berechnungen</b>	
▪ Grundbruch-/Setzungsberechnung	6.1
▪ Böschungsstandsicherheit der Einschnittsböschung	6.2
▪ Böschungsstandsicherheit der Baugrubenböschung	6.3



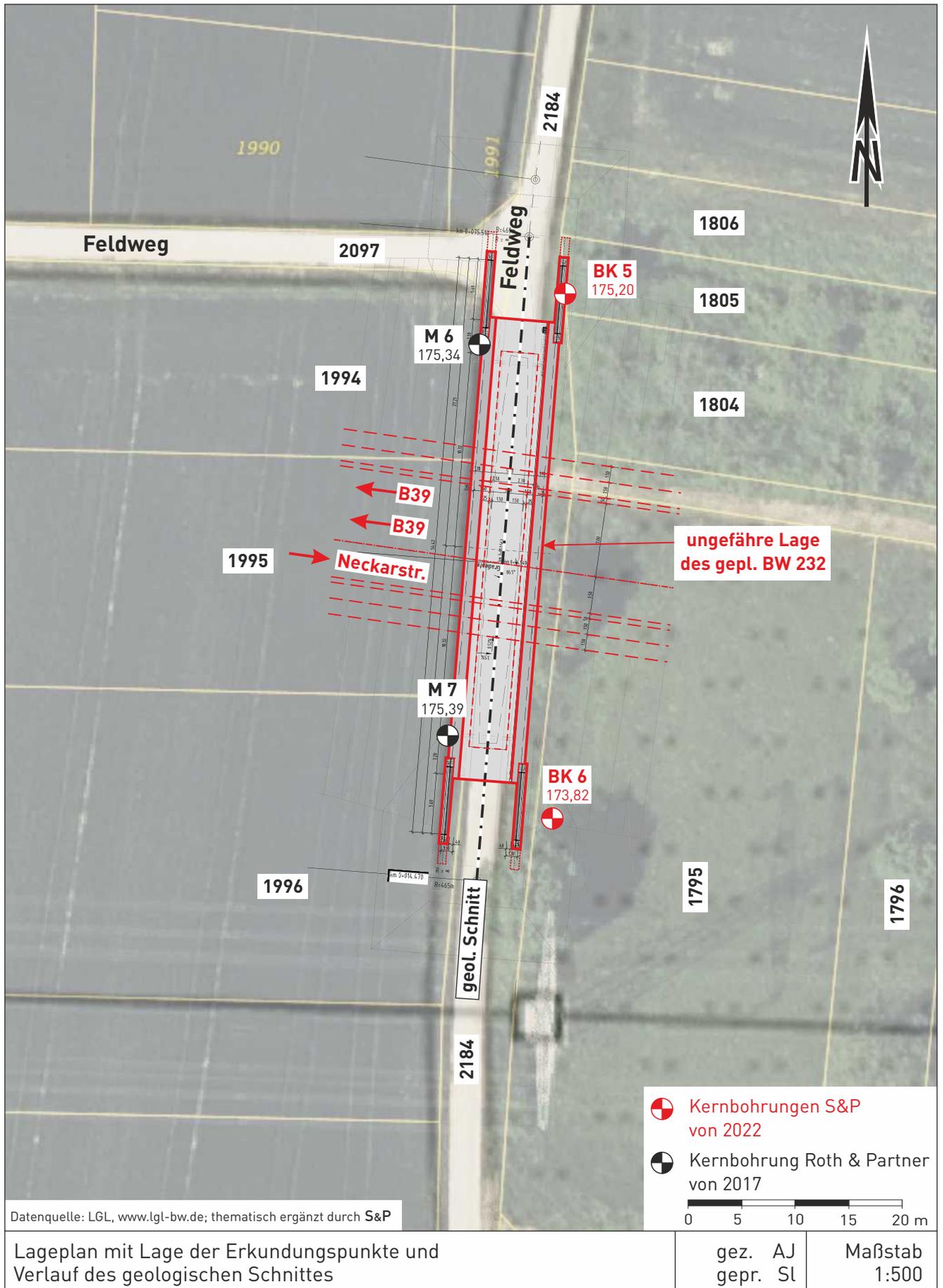
© LGL B-W (www.lgl-bw.de) 2012; thematisch ergänzt durch S&P

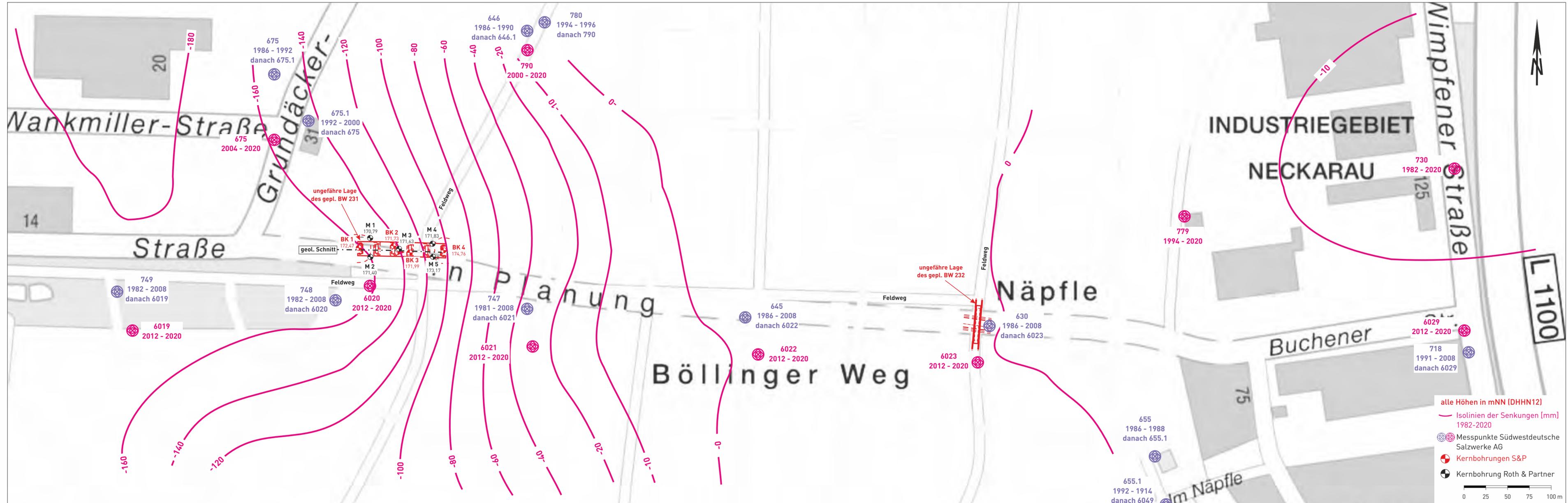


Übersichtslageplan mit Lage des geplanten BW 232 Feldwegbrücke am Näpfle

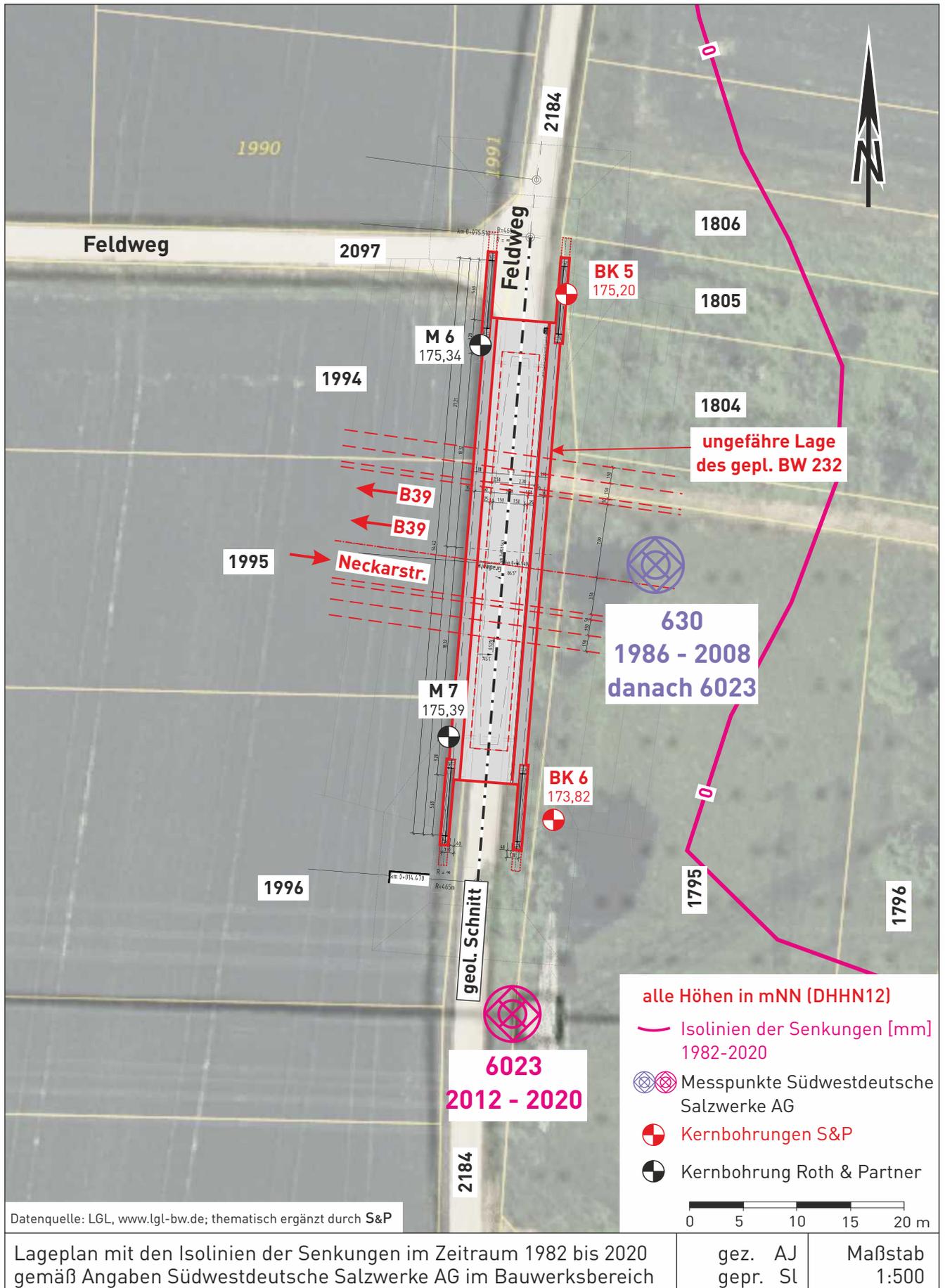
gez. me  
gepr. DT

Maßstab  
1:25 000





Lageplan mit den Isolinien der Senkungen im Zeitraum 1982 bis 2020 gemäß Angaben Südwestdeutsche Salzwerke AG

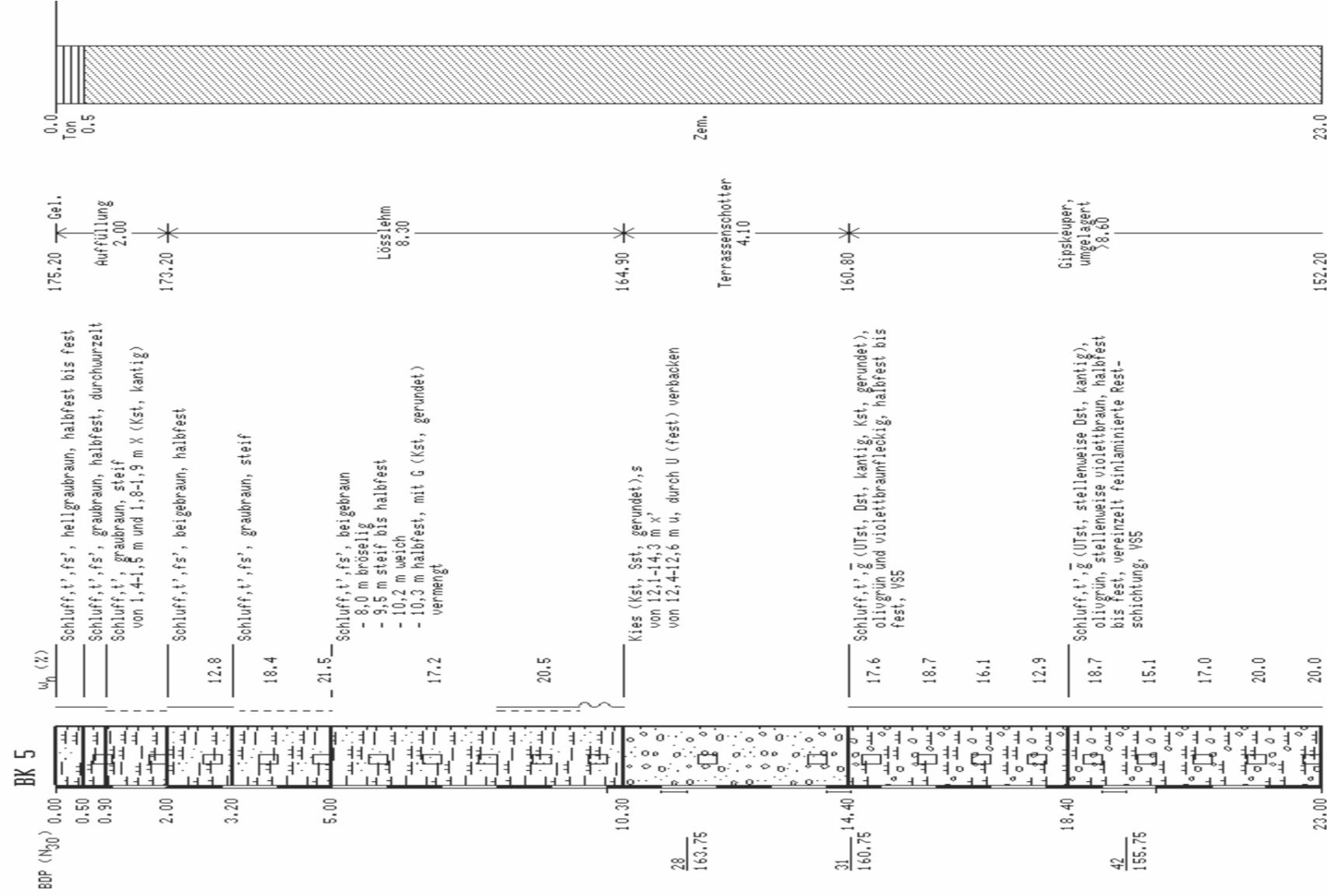


<p><b>Untersuchungsstellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> SCH Schurf</li> <li> BK Kernbohrung</li> <li> BS Kleinbohrung</li> </ul>	<p><b>Rammsondierung</b> (Dynamic Probing)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> DPL leichte Sonde (light)</li> <li> DPM mittelschwere Sonde (medium)</li> <li> DPH schwere Sonde (heavy)</li> </ul>	<p><b>Bodenproben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Güteklasse 1</li> <li> Güteklasse 3</li> <li> Kernstück</li> </ul>																																																																															
<p><b>Bodenarten-Beschreibung</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>Auffüllung</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Y</td><td>Blöcke</td><td>y</td><td>mit Blöcken</td></tr> <tr><td>X</td><td>Steine</td><td>x</td><td>steinig</td></tr> <tr><td>G</td><td>Kies</td><td>g</td><td>kiesig</td></tr> <tr><td>S</td><td>Sand</td><td>s</td><td>sandig</td></tr> <tr><td>U</td><td>Schluff</td><td>u</td><td>schluffig</td></tr> <tr><td>T</td><td>Ton</td><td>t</td><td>tonig</td></tr> <tr><td>H</td><td>Humus, Torf</td><td>h</td><td>humos, torfig</td></tr> <tr><td>F</td><td>Faulschlamm</td><td>o</td><td>org. Anteile</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Mergel</td><td>mg</td><td>mergelig</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>dol.</td><td>dolomitisch</td></tr> </table>	A	Auffüllung			Y	Blöcke	y	mit Blöcken	X	Steine	x	steinig	G	Kies	g	kiesig	S	Sand	s	sandig	U	Schluff	u	schluffig	T	Ton	t	tonig	H	Humus, Torf	h	humos, torfig	F	Faulschlamm	o	org. Anteile	Mg	Mergel	mg	mergelig			dol.	dolomitisch	<p><b>Korngrößen</b></p> <p>f fein m mittel g grob</p> <p><b>grobkörnige Nebenteile</b> (Massenanteile Körnungslinie)</p> <p>· schwach (&lt; 15%) - stark (&gt; 30%)</p> <p><b>feinkörnige Nebenteile</b> (Einfluss auf Verhalten des Bodens)</p> <p>· schwach - stark</p>	<p><b>Konsistenz</b></p> <p>}} breiig } weich : steif   halbfest    fest</p> <p><b>Kalkgehalt</b> (Aufbraus-Test: 10% HCl)</p> <p>Ca:0 kalkfrei Ca:+ kalkhaltig Ca:++ stark kalkhaltig</p>																																			
A	Auffüllung																																																																																
Y	Blöcke	y	mit Blöcken																																																																														
X	Steine	x	steinig																																																																														
G	Kies	g	kiesig																																																																														
S	Sand	s	sandig																																																																														
U	Schluff	u	schluffig																																																																														
T	Ton	t	tonig																																																																														
H	Humus, Torf	h	humos, torfig																																																																														
F	Faulschlamm	o	org. Anteile																																																																														
Mg	Mergel	mg	mergelig																																																																														
		dol.	dolomitisch																																																																														
<p><b>Felsarten-Beschreibung</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Z</td><td>Fels allgemein</td><td></td></tr> <tr><td>Zv</td><td>Fels verwittert</td><td></td></tr> <tr><td>Ko, Br</td><td>Konglomerat, Brekzie</td><td></td></tr> <tr><td>Sst</td><td>Sandstein</td><td></td></tr> <tr><td>Utst, Tst</td><td>Schluffstein, Tonstein</td><td></td></tr> <tr><td>Mst, Kst</td><td>Mergelstein, Kalkstein</td><td></td></tr> <tr><td>Dst</td><td>Dolomitstein</td><td>gering</td></tr> <tr><td>Gyst</td><td>Gipsstein</td><td></td></tr> <tr><td>Mem</td><td>Massige Metamorphite (z.B. Gneis)</td><td></td></tr> <tr><td>Pl</td><td>Plutonite (z.B. Granit)</td><td>mäßig hoch</td></tr> <tr><td>Vu</td><td>Vulkanite (z.B. Basalt)</td><td></td></tr> </table>	Z	Fels allgemein		Zv	Fels verwittert		Ko, Br	Konglomerat, Brekzie		Sst	Sandstein		Utst, Tst	Schluffstein, Tonstein		Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein		Dst	Dolomitstein	gering	Gyst	Gipsstein		Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)		Pl	Plutonite (z.B. Granit)	mäßig hoch	Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)		<p><b>Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit (Df) im Feld</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Bezeichnung</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Feldversuch</u></th> </tr> <tr> <td>außerordentlich gering</td> <td>mit Fingernagel leicht ritzbar</td> </tr> <tr> <td>sehr gering</td> <td>mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln</td> </tr> <tr> <td>gering</td> <td>mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbar</td> </tr> <tr> <td>mäßig hoch</td> <td>mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen</td> </tr> <tr> <td>hoch</td> <td>nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen</td> </tr> <tr> <td>sehr hoch</td> <td>nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen</td> </tr> <tr> <td>außerordentlich hoch</td> <td>durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter</td> </tr> </table>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Feldversuch</u>	außerordentlich gering	mit Fingernagel leicht ritzbar	sehr gering	mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln	gering	mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbar	mäßig hoch	mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen	hoch	nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen	sehr hoch	nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen	außerordentlich hoch	durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter	<p><b>Zerlegung</b></p> <p>⚡ klüftig</p> <p><b>Schichtflächenabstand</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Bezeichnung</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Abstand [mm]</u></th> </tr> <tr> <td>sehr dick</td> <td>größer als 2000</td> </tr> <tr> <td>dick</td> <td>2000 bis 600</td> </tr> <tr> <td>mittel</td> <td>600 bis 200</td> </tr> <tr> <td>dünn</td> <td>200 bis 60</td> </tr> <tr> <td>sehr dünn</td> <td>60 bis 20</td> </tr> <tr> <td>grob laminiert</td> <td>20 bis 6</td> </tr> <tr> <td>fein laminiert</td> <td>kleiner als 6</td> </tr> </table> <p><b>Kluffflächenabstand</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Bezeichnung</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Abstand [mm]</u></th> </tr> <tr> <td>sehr weitständig</td> <td>größer als 2000</td> </tr> <tr> <td>weitständig</td> <td>2000 bis 600</td> </tr> <tr> <td>mittelständig</td> <td>600 bis 200</td> </tr> <tr> <td>engständig</td> <td>200 bis 60</td> </tr> <tr> <td>sehr engständig</td> <td>60 bis 20</td> </tr> <tr> <td>außerordentlich engständig</td> <td>kleiner als 20</td> </tr> </table>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>	sehr dick	größer als 2000	dick	2000 bis 600	mittel	600 bis 200	dünn	200 bis 60	sehr dünn	60 bis 20	grob laminiert	20 bis 6	fein laminiert	kleiner als 6	<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>	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
Z	Fels allgemein																																																																																
Zv	Fels verwittert																																																																																
Ko, Br	Konglomerat, Brekzie																																																																																
Sst	Sandstein																																																																																
Utst, Tst	Schluffstein, Tonstein																																																																																
Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein																																																																																
Dst	Dolomitstein	gering																																																																															
Gyst	Gipsstein																																																																																
Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)																																																																																
Pl	Plutonite (z.B. Granit)	mäßig hoch																																																																															
Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)																																																																																
<u>Bezeichnung</u>	<u>Feldversuch</u>																																																																																
außerordentlich gering	mit Fingernagel leicht ritzbar																																																																																
sehr gering	mit Messer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze zu zerbröckeln																																																																																
gering	mit Messer schwer ritzbar, durch feste Aufschläge mit Hammerspitze schwach einkerbar																																																																																
mäßig hoch	mit Messer nicht mehr ritzbar, durch einen festen Hammerschlag zu zerbrechen																																																																																
hoch	nur durch mehrere Hammerschläge zu zerbrechen																																																																																
sehr hoch	nur durch sehr viele Hammerschläge zu zerbrechen																																																																																
außerordentlich hoch	durch Schläge mit dem Hammer lösen sich nur Splitter																																																																																
<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>																																																																																
sehr dick	größer als 2000																																																																																
dick	2000 bis 600																																																																																
mittel	600 bis 200																																																																																
dünn	200 bis 60																																																																																
sehr dünn	60 bis 20																																																																																
grob laminiert	20 bis 6																																																																																
fein laminiert	kleiner als 6																																																																																
<u>Bezeichnung</u>	<u>Abstand [mm]</u>																																																																																
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																																																																																
<p><b>Kalkgehalt</b> (s. Boden)</p>																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width:15%;">Verwitterungsstufen</th> <th style="width:15%;">VS 5</th> <th style="width:15%;">VS 4</th> <th style="width:15%;">VS 3</th> <th style="width:15%;">VS 2</th> <th style="width:15%;">VS 1</th> <th style="width:15%;">VS 0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gesteinstyp</td> <td>Boden</td> <td>Boden</td> <td>Boden + Gestein</td> <td>Gestein</td> <td>Gestein</td> <td>Gestein</td> </tr> <tr> <td>Bezeichnung</td> <td>zersetzt</td> <td>vollständig verwittert</td> <td>stark verwittert</td> <td>mäßig verwittert</td> <td>schwach verwittert</td> <td>frisch</td> </tr> <tr> <td>Beschreibung</td> <td>gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, ohne Gefüge</td> <td>gesamtes Gestein zu Boden umgewandelt, Gefüge größtenteils unversehrt</td> <td>mehr als die Hälfte des Gesteins zersetzt oder zerfallen  Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.</td> <td>weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt</td> <td>Verfärbung</td> <td>möglicherweise leichte Verfärbung</td> </tr> </tbody> </table>							Verwitterungsstufen	VS 5	VS 4	VS 3	VS 2	VS 1	VS 0	Gesteinstyp	Boden	Boden	Boden + 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  Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.	weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt	Verfärbung	möglicherweise leichte Verfärbung																																															
Verwitterungsstufen	VS 5	VS 4	VS 3	VS 2	VS 1	VS 0																																																																											
Gesteinstyp	Boden	Boden	Boden + 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  Gestein liegt als zusammenhängendes Steinskelett oder Steinkern vor.	weniger als die Hälfte des Gesteins verwittert oder zersetzt	Verfärbung	möglicherweise leichte Verfärbung																																																																											
<p><b>Grundwasser (Gw)</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%; text-align: center;"> </td> <td style="width:70%;"> <p><b>Gw-Spiegel / Gw-Stand</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 100,00 mNN undefiniert oder nach Bohrende</li> <li> 100,00 mNN angebohrt</li> <li> 100,00 mNN in Ruhe im ausgebauten Bohrloch</li> <li> 20.12.1998 Datum</li> <li> Vernässung oberhalb des Gw</li> </ul> </td> </tr> </table>								<p><b>Gw-Spiegel / Gw-Stand</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 100,00 mNN undefiniert oder nach Bohrende</li> <li> 100,00 mNN angebohrt</li> <li> 100,00 mNN in Ruhe im ausgebauten Bohrloch</li> <li> 20.12.1998 Datum</li> <li> Vernässung oberhalb des Gw</li> </ul>																																																																									
	<p><b>Gw-Spiegel / Gw-Stand</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 100,00 mNN undefiniert oder nach Bohrende</li> <li> 100,00 mNN angebohrt</li> <li> 100,00 mNN in Ruhe im ausgebauten Bohrloch</li> <li> 20.12.1998 Datum</li> <li> Vernässung oberhalb des Gw</li> </ul>																																																																																
<p><b>Normen:</b> DIN EN ISO 14688, DIN EN ISO 14689-1 DIN 4022, DIN 4023</p>																																																																																	
<p><b>Beschreibung der Schichtenfolgen:</b> Kurzzzeichen und Abkürzungen</p>						<p>gez. AJ gepr. Sl</p>																																																																											

TK 25: 6821 Heilbronn  
 R = 35 14 180,7 / H = 54 49 054,3  
 Lage siehe auch Anlage 1.2  
 Ansatzhöhe: 175,20 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Baugrund Süd GmbH  
 am : 04.07.22  
 aufgenommen: Dipl.-Geol. Philipp Schlittenhardt/S&P  
 G:\S&P\AUFTR22\22057\BK05.kpr; 20.10.2022

Verfüllung



BOP (N<sub>30</sub>) 0,00  
 0,50  
 0,90  
 2,00  
 3,20  
 5,00  
 10,30  
 28  
 163,75  
 31  
 14,40  
 160,75  
 42  
 155,75  
 18,40  
 23,00

u<sub>0</sub> (%)  
 12,8  
 18,4  
 21,5  
 17,2  
 20,5  
 17,6  
 18,7  
 16,1  
 12,9  
 18,7  
 15,1  
 17,0  
 20,0  
 20,0

Gel.  
 175,20  
 173,20  
 164,90  
 160,80  
 152,20

Verfüllung  
 0,0  
 0,5  
 23,0  
 220 mm

Zem. = Zement-Bentonit  
 ø nicht maßstäblich

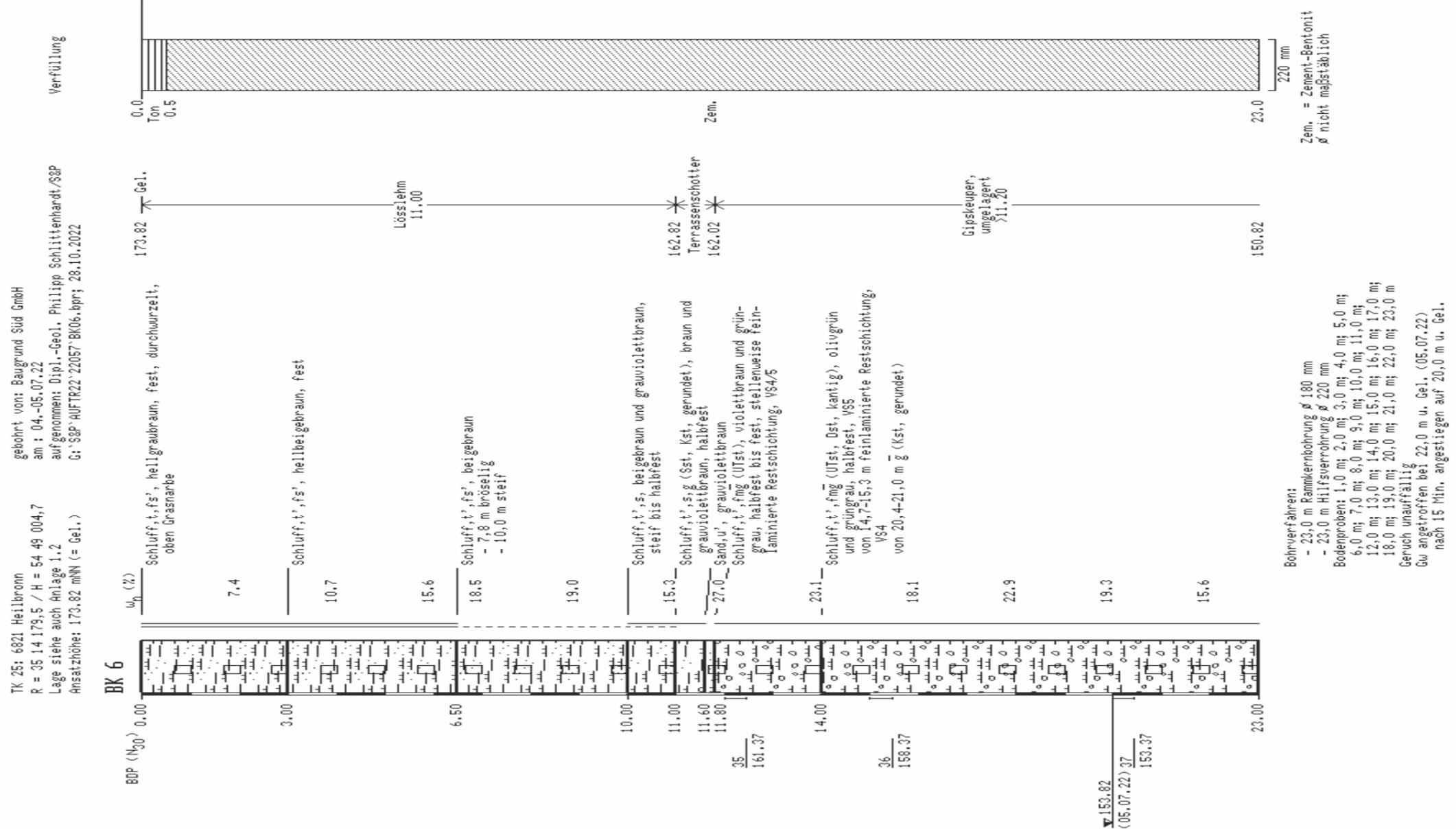
Bohrverfahren:  
 - 23,0 m Rammborbohrung ø 180 mm  
 - 23,0 m Hilfsverrohrung ø 220 mm  
 Bodenproben: 1,0 m; 2,0 m; 3,0 m; 4,0 m; 5,0 m; 6,0 m; 7,0 m; 8,0 m; 9,0 m; 10,0 m; 15,0 m; 16,0 m; 17,0 m; 18,0 m; 19,0 m; 20,0 m; 21,0 m; 22,0 m; 23,0 m  
 Eimerproben: 11,0-12,0 m; 13,0-14,0 m  
 Geruch unauffällig  
 Gw nicht angetroffen

BOP 11,00 m - 11,45 m: 09/13/15  
 14,00 m - 14,45 m: 11/14/17  
 19,00 m - 19,45 m: 18/20/22

UTM-Koordinaten: E 32514099,85, N 5447314,10  
 Ansatzhöhe DHHN2016: 171,16 mNN

Schichtenfolge der Kernbohrung S&P 2022 BK 5

gez. ks  
 gepr. Sl  
 Maßstab  
 1:100



TK 25: 6821 Heilbronn  
R = 35 14 179,5 / H = 54 49 004,7  
Lage siehe auch Anlage 1.2  
Ansatzhöhe: 173,82 mNN (= Gel.)

gehört von: Baugrund Süd GmbH  
am : 04.-05.07.22  
aufgenommen: Dipl.-Geol. Philipp Schlittenhardt/S&P  
G: S&P-AUFR22-22057-BK06.bpr; 28.10.2022



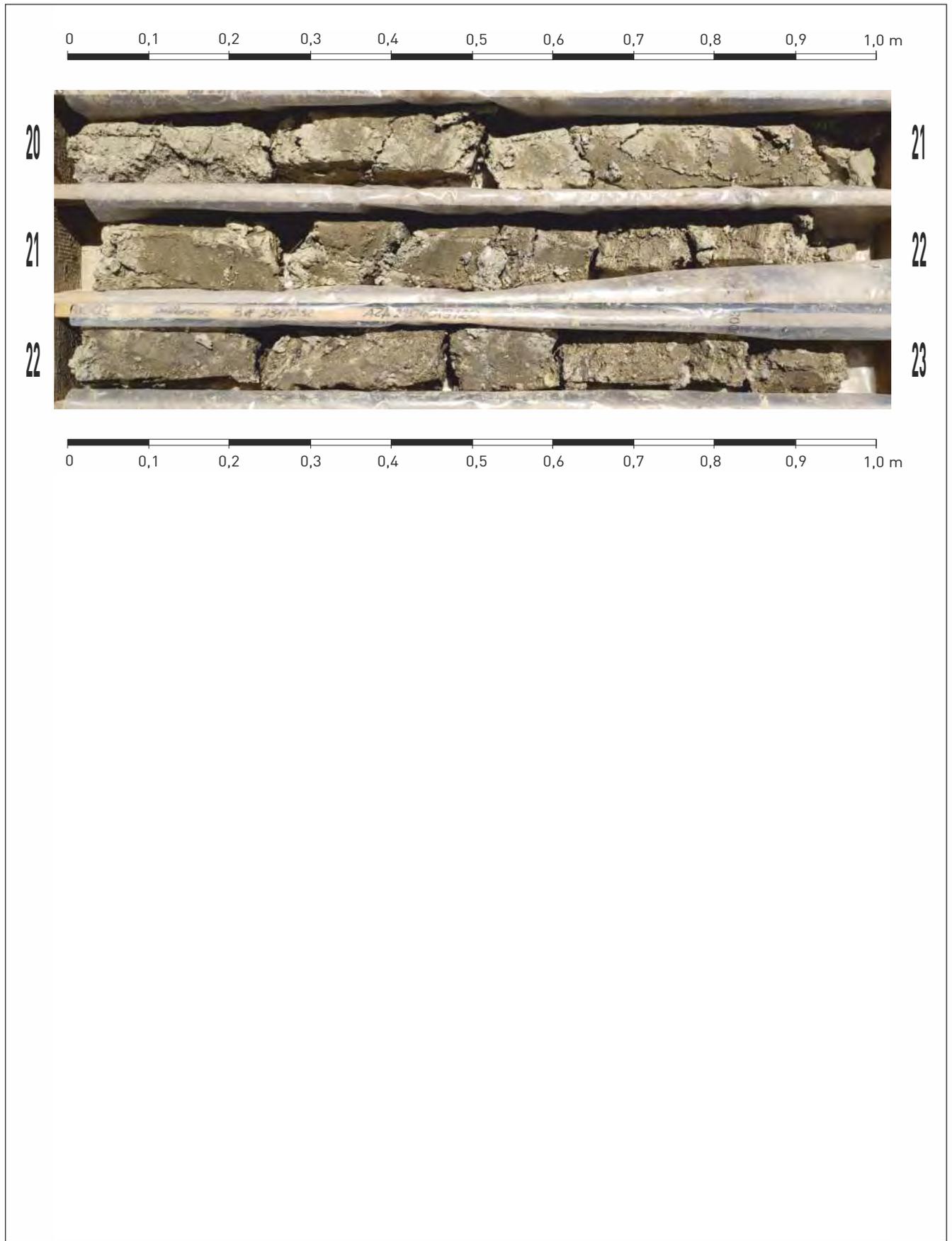
Bohrkernfotos der Kernbohrung  
BK 5 (0,0 - 10,0 m)

gez. AJ  
gepr. St



Bohrkernfotos der Kernbohrung  
BK 5 (10,0 - 20,0 m)

gez. AJ  
gepr. St



Bohrkernfotos der Kernbohrung  
BK 5 (20,0 - 23,0 m)

gez. AJ  
gepr. Sl



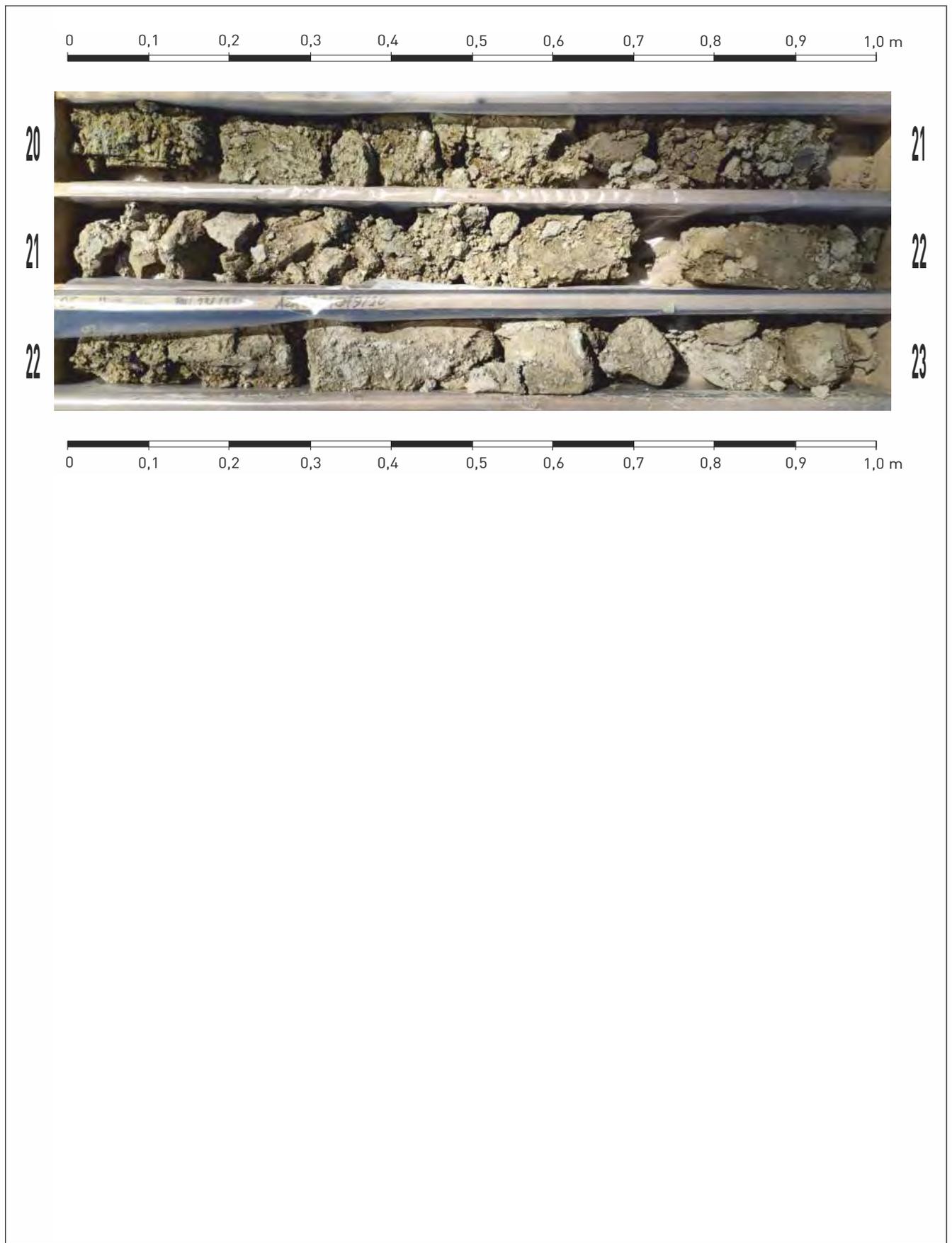
Bohrkernfotos der Kernbohrung  
BK 6 (0,0 - 10,0 m)

gez. AJ  
gepr. St



Bohrkernfotos der Kernbohrung  
BK 6 (10,0 - 20,0 m)

gez. AJ  
gepr. St



Bohrkernfotos der Kernbohrung  
BK 6 (20,0 - 23,0 m)

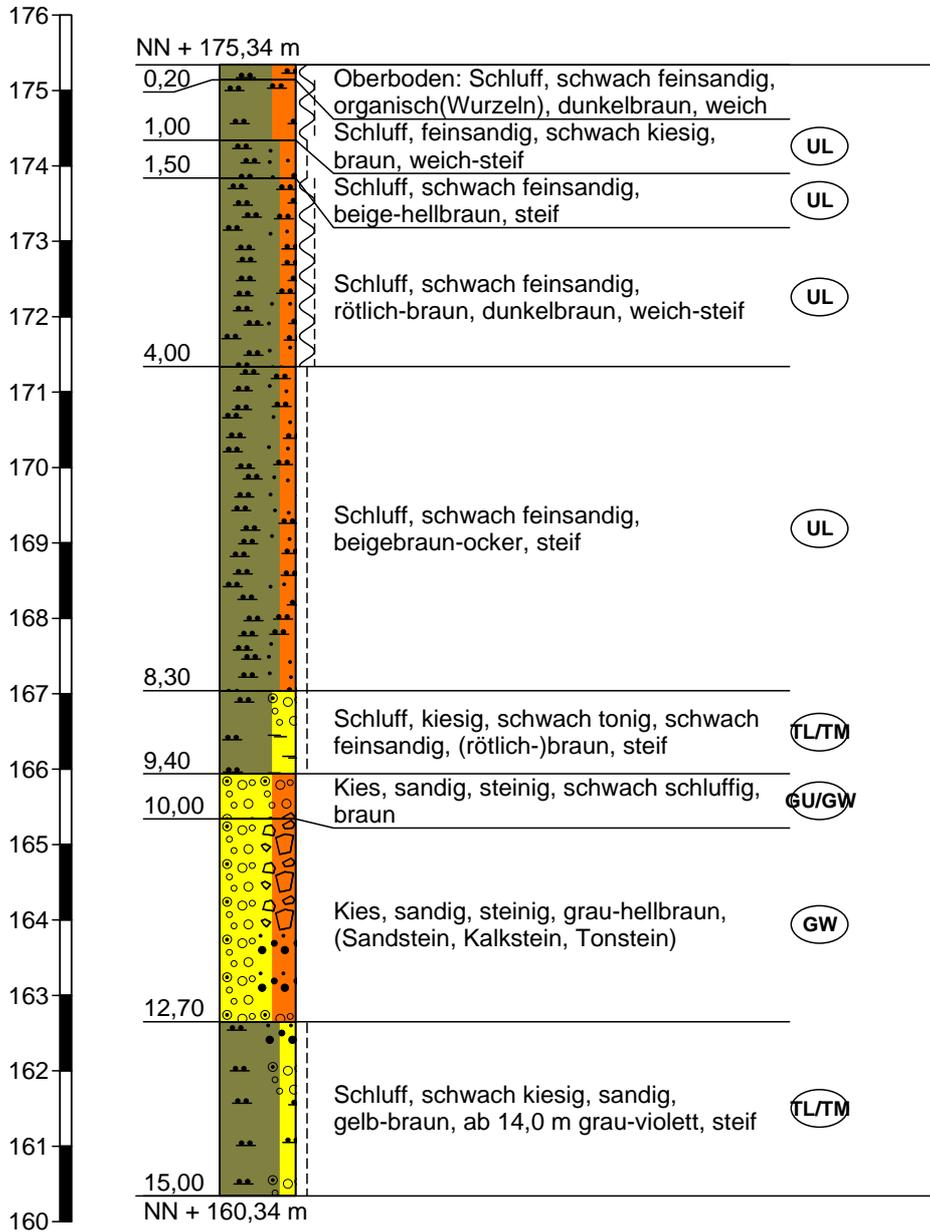
gez. AJ  
gepr. Sl

Kernbohrungen Roth & Partner 2016/17

(2 Blatt)

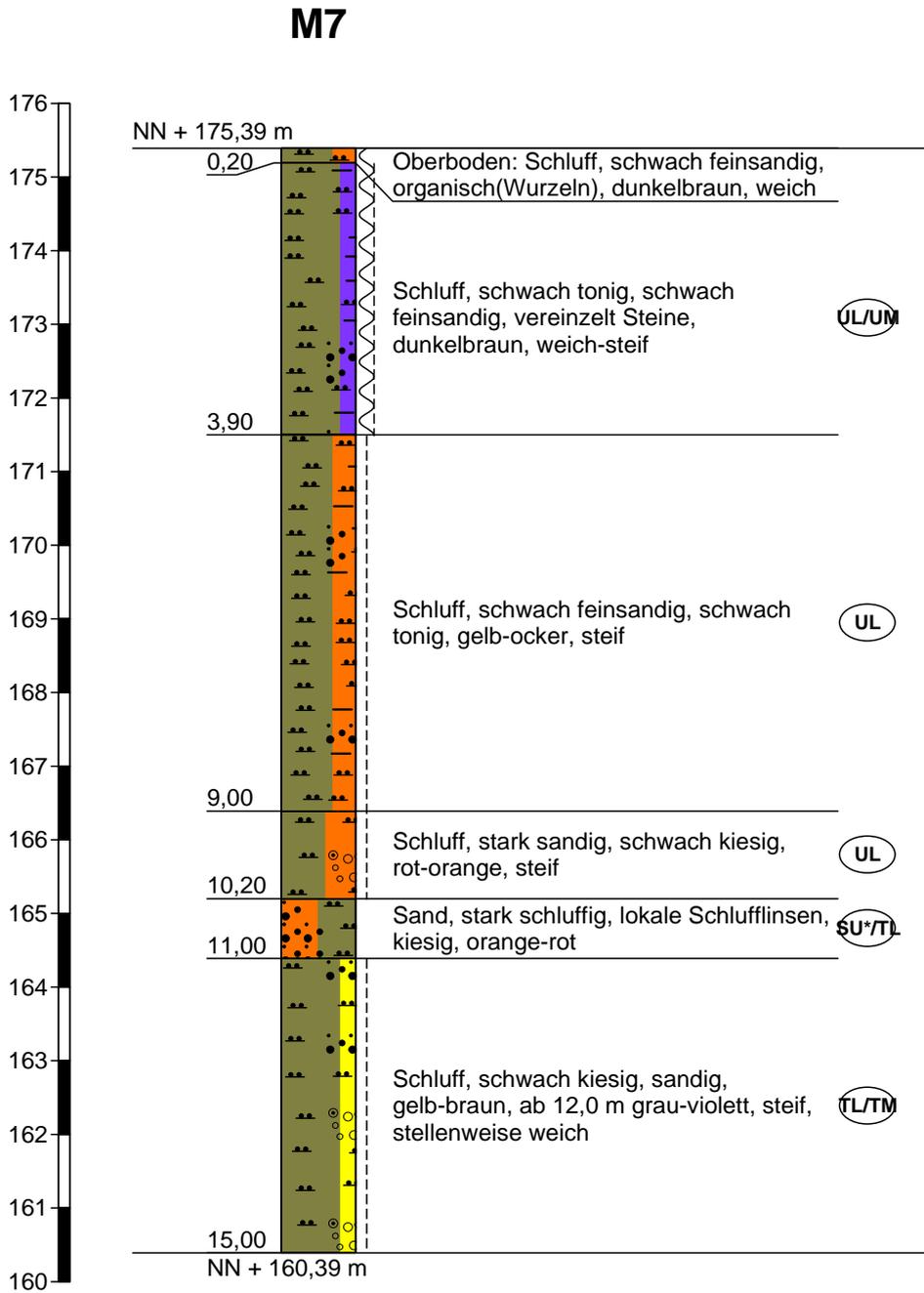
**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen**

**M6**



**Höhenmaßstab 1:100**

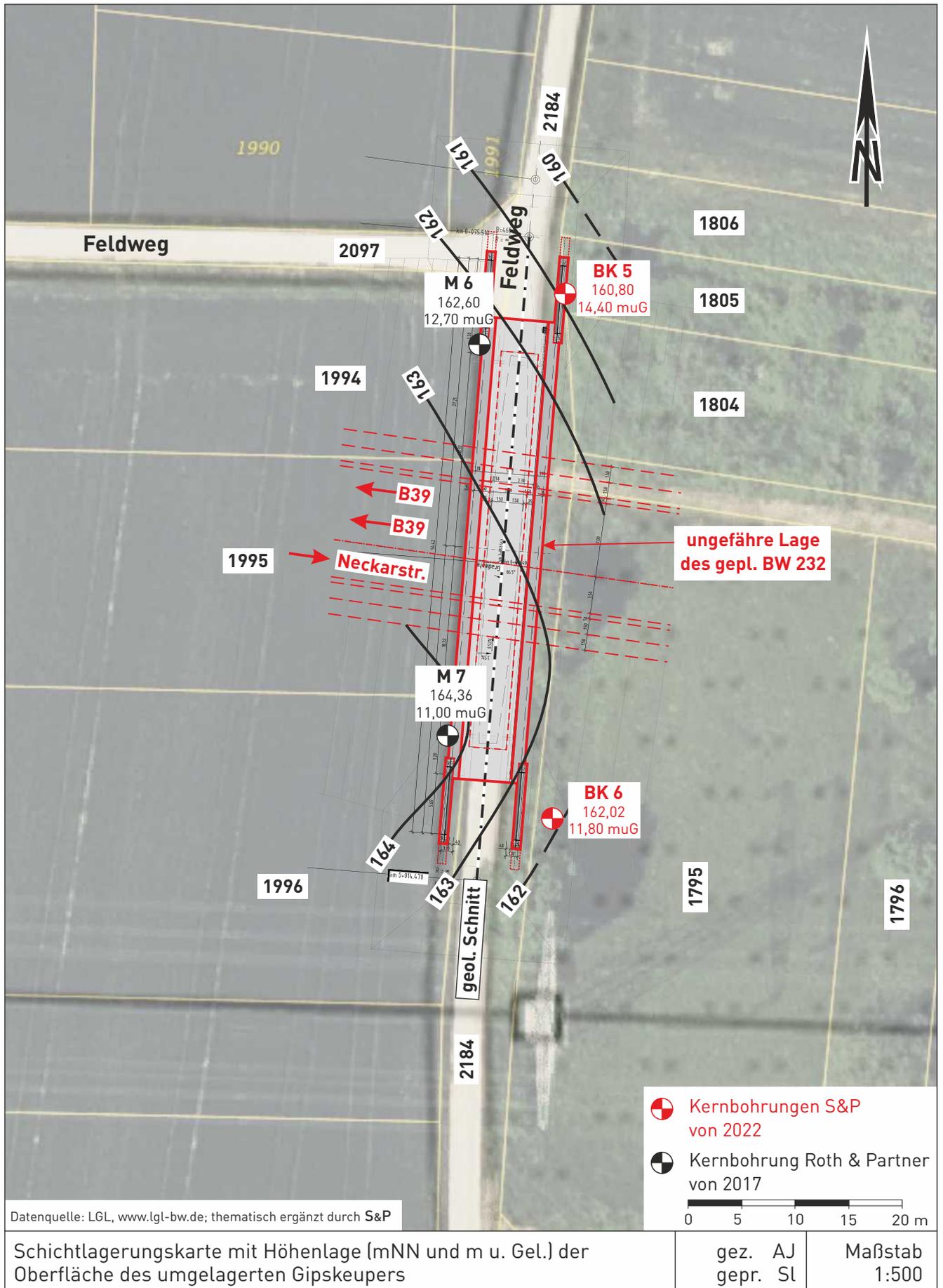
**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen**



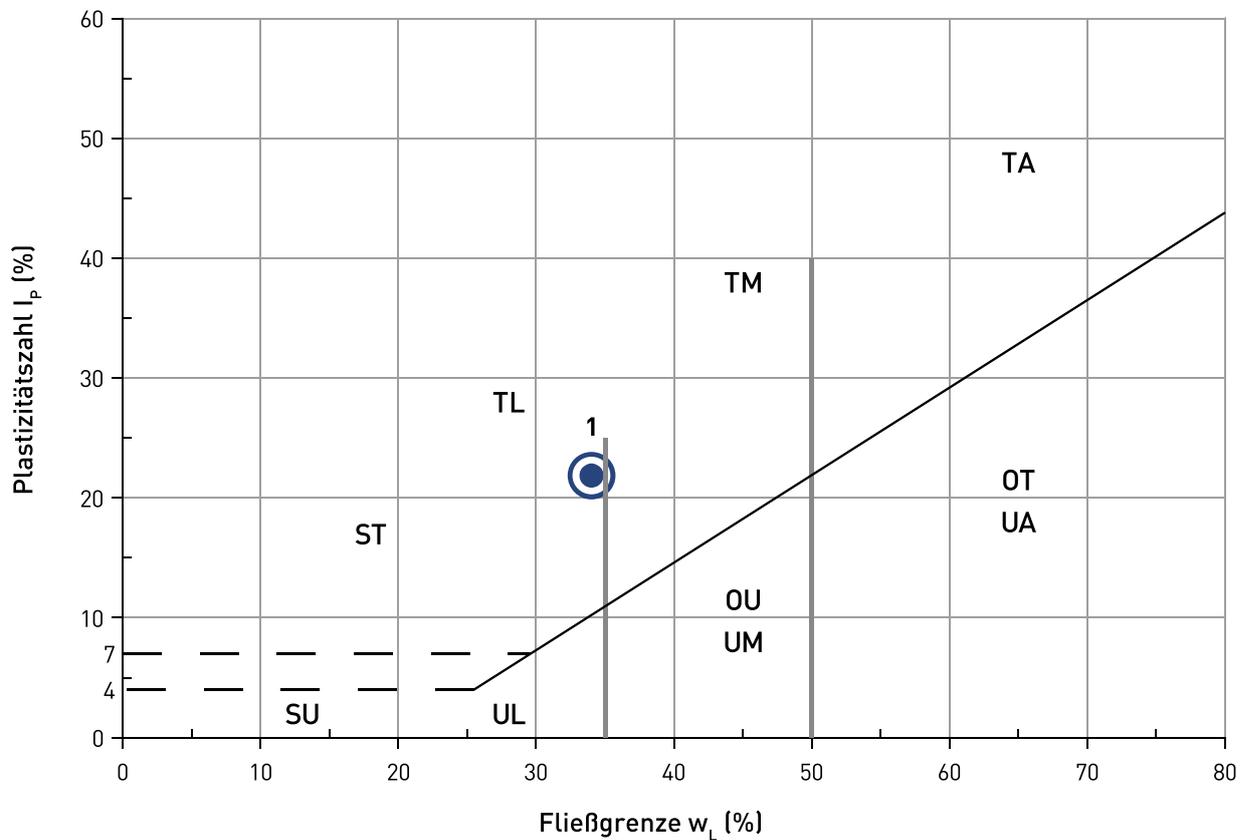
**Höhenmaßstab 1:100**







## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12



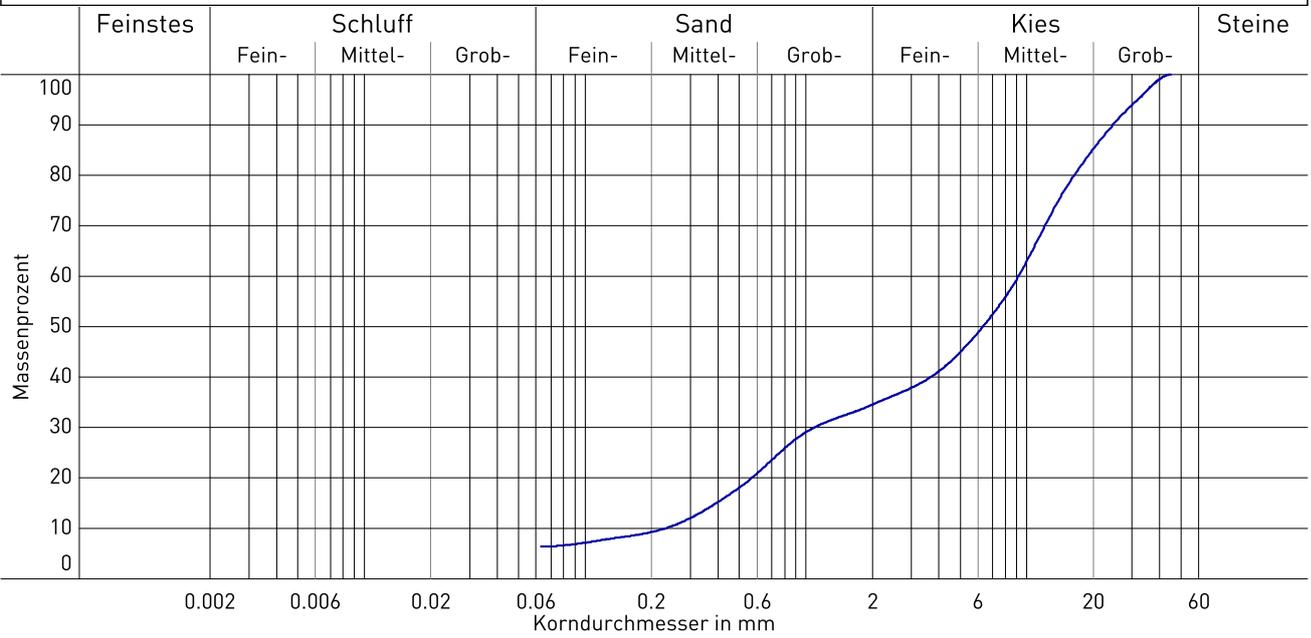
Probe Nr.		1
Aufschluss		BK 5
Entnahmetiefe	(m u.Gel.)	4,0
Bodenart		U,t
Geologie		Lösslehm

Natürl. Wassergehalt	$w_n$ (%)	18,4
Überkorn	$\ddot{u}$ (%)	0,0
Wassergehalt Matrix	$w_{<0,4}$ (%)	18,4
Fließgrenze	$w_L$ (%)	34,0
Ausrollgrenze	$w_P$ (%)	12,2
Plastizitätszahl	$I_p$ (%)	21,9
Konsistenzzahl	$I_c$ (-)	0,71
Konsistenz		weich

Bodenklassifikation nach DIN 18196:

SU Sand-Schluff-Gemisch	TL Ton, leichtplastisch	OU Schluffe mit organischen Beimengungen oder organogene Schluffe
ST Sand-Ton-Gemisch	TM Ton, mittelpplastisch	OT Tone mit organischen Beimengungen oder organogene Tone
UL Schluff, leichtplastisch	TA Ton, ausgeprägt plastisch	
UM Schluff, mittelpplastisch		
UA Schluff, ausgeprägt zusammendrückbar		

**Bestimmung der Korngrößenverteilung  
DIN ISO/TS 17892-4**



Versuchsname	BK 5			
Geologie	Hochterrassenschotter			
Entnahmestelle	BK 5			
Entnahmetiefe	11,0 - 12,0 m			
Bodengruppe	GU			
Ungleichförm. U	U = 39.6			
Krümmungszahl Cc	Cc = 0.6			
d <sub>10</sub> / d <sub>60</sub>	0.231/9.169 mm			
d <sub>30</sub>	1.091 mm			
Anteil < 0.063 mm	6.4 %			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/6.4/28.2/65.5 %			

**Auswertung nach VwV Bodenverwertung**

Probe Nr. / Bezeichnung:	<b>MP 1 Auffüllung</b>
--------------------------	------------------------

chemische Analyse:

Prüfbericht 65569-MP1, ICA, Leipzig, vom 14.09.2022

**Bodenart: Lehm/Schluff**

Parameter	<sup>1)</sup>	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt <sup>2)</sup>	Einstufung
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	<b>7,5</b>	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	<b>14</b>	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	<b>33</b>	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	<b>12</b>	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	<b>23</b>	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	<b>0</b>	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	<b>53</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	<b>0</b>	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	<b>0</b>	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	<b>0</b>	Z 0
Σ BTEX (4)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	<b>0</b>	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	<b>0</b>	Z 0
Σ PCB 6	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	<b>0</b>	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	<b>0</b>	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	<b>0</b>	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	<b>9</b>	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	<b>0</b>	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	<b>5</b>	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	<b>0</b>	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	<b>16</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	<b>0</b>	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	<b>0</b>	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	<b>8,1</b>	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	<b>83</b>	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	<b>0</b>	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	<b>1,7</b>	Z 0

<sup>1)</sup> FS = Feststoff; E = Eluat<sup>2)</sup> "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

&lt; BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

**Gesamteinstufung: Z 0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten

## Auswertung nach Deponieverordnung (DepV)

### und Handlungshilfe "Organ. Stoffe auf Deponien"

Probe Nr. / Bezeichnung: **MP 1 Auffüllung**

chemische Analyse:

Prüfbericht 65569 MP1-DepV. ICA, Leipzig, vom 14.09.2022

Werte n. DepV + "Organ. Stoffe a. Deponien"

Parameter	al	Einheit	DK 0	DK I	DK II	DK III	Gehalt <sup>bl</sup>	Einstufung	Erl.
Glühverlust	FS	M-%	3	3	5	10	4	(DK II)	x
TOC	FS	M-%	1	1	3	6	0,3	DK 0	
Extrah. lipophile Stoffe	FS	M-%	0,1	0,4	0,8	4	0	DK 0	
Σ BTEX	FS	mg/kg	6	6	6		0	DK 0	
Σ LHKW	FS	mg/kg	2	5	5		0	DK 0	
MKW (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	FS	mg/kg	500	4000	8000		0	DK 0	
Σ PAK 16	FS	mg/kg	30	500	1000		0	DK 0	
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg					0		
Σ PCB 7	FS	mg/kg	1	5	10	(10)	0	DK 0	
pH-Wert	E	-	5,5-13	5,5-13	5,5-13	4-13	8,1	DK 0	
DOC	E	mg/l	50	50	80	100	2,8	DK 0	
Phenol-Index	E	mg/l	0,1	0,2	50	100	0	DK 0	
Arsen	E	mg/l	0,05	0,2	0,2	2,5	0	DK 0	
Blei	E	mg/l	0,05	0,2	1	5	0	DK 0	
Cadmium	E	mg/l	0,004	0,05	0,1	0,5	0	DK 0	
Kupfer	E	mg/l	0,2	1	5	10	0	DK 0	
Nickel	E	mg/l	0,04	0,2	1	4	0,005	DK 0	
Quecksilber	E	mg/l	0,001	0,005	0,02	0,2	0	DK 0	
Zink	E	mg/l	0,4	2	5	20	0,016	DK 0	
Chlorid	E	mg/l	80	1500	1500	2500	0	DK 0	
Sulfat	E	mg/l	100	2000	2000	5000	1,7	DK 0	
Cyanide leicht freisetzbar	E	mg/l	0,01	0,1	0,5	1	0	DK 0	
Fluorid	E	mg/l	1	5	15	50	0,3	DK 0	
Barium	E	mg/l	2	5	10	30	0,034	DK 0	
Chrom (ges.)	E	mg/l	0,05	0,3	1	7	0,009	DK 0	
Molybdän	E	mg/l	0,05	0,3	1	3	0	DK 0	
Antimon	E	mg/l	0,006	0,03	0,07	0,5	0	DK 0	
Antimon C <sub>0</sub>	E	mg/l	0,1	0,12	0,15	1	0		
Selen	E	mg/l	0,01	0,03	0,05	0,7	0	DK 0	
Gesamtgeh. gelöst. Stoffe	E	mg/l	400	3000	6000	10000	0	DK 0	

<sup>al</sup> FS = Feststoff; E = Eluat

<sup>bl</sup> "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

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

**Gesamteinstufung: DK 0**

### Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:

alle Zuordnungsparameter für DK 0 eingehalten

x Glühverlust gleichwertig zum TOC angewendet (gem. Fußnote 2) Anh. 3, Tab. 2 der DepV)

**Auswertung nach VwV Bodenverwertung**

Probe Nr. / Bezeichnung:	<b>MP 2 Lösslehm</b>
--------------------------	----------------------

chemische Analyse:

Prüfbericht 65569-MP2, ICA, Leipzig, vom 14.09.2022

**Bodenart: Lehm/Schluff**

Parameter	<sup>1)</sup>	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt <sup>2)</sup>	Einstufung
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	<b>9,4</b>	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	<b>12</b>	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	<b>35</b>	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	<b>11</b>	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	<b>24</b>	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	<b>0</b>	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	<b>50</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	<b>0</b>	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	<b>0</b>	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	<b>0</b>	Z 0
Σ BTEX (4)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	<b>0</b>	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	<b>0</b>	Z 0
Σ PCB 6	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	<b>0</b>	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	<b>0</b>	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	<b>0</b>	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	<b>0</b>	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	<b>0</b>	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	<b>0</b>	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	<b>6</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	<b>0</b>	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	<b>0</b>	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	<b>8,3</b>	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	<b>79</b>	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	<b>0</b>	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	<b>1,7</b>	Z 0

<sup>1)</sup> FS = Feststoff; E = Eluat<sup>2)</sup> "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

&lt; BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

**Gesamteinstufung: Z 0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten

**Auswertung nach VwV Bodenverwertung**

Probe Nr. / Bezeichnung: <b>MP 3 Gipskeuper</b>
---

chemische Analyse:

Prüfbericht 65569-MP3, ICA, Leipzig, vom 14.09.2022

**Bodenart: Lehm/Schluff**

Parameter	<sup>1)</sup>	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt <sup>2)</sup>	Einstufung
Arsen	FS	mg/kg	15	15	15	45	45	150	<b>6</b>	Z 0
Blei	FS	mg/kg	70	100	140	210	210	700	<b>9,4</b>	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0,33</b>	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	60	100	120	180	180	600	<b>48</b>	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	40	60	80	120	120	400	<b>26</b>	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	50	70	100	150	150	500	<b>32</b>	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,5	1	1	1,5	1,5	5	<b>0</b>	Z 0
Zink	FS	mg/kg	150	200	300	450	450	1500	<b>40</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	<b>0</b>	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
MKW (C10-22)	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	<b>0</b>	Z 0
MKW (C10-40)	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	<b>0</b>	Z 0
Σ BTEX (4)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	<b>0</b>	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	<b>0</b>	Z 0
Σ PCB 6	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	<b>0</b>	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	<b>0</b>	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	<b>0</b>	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	<b>0</b>	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	<b>0</b>	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	<b>0</b>	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	<b>0</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	<b>0</b>	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	<b>0</b>	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	<b>8,3</b>	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	<b>93</b>	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	<b>1,1</b>	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	<b>2,5</b>	Z 0

<sup>1)</sup> FS = Feststoff; E = Eluat<sup>2)</sup> "0" in Spalte Gehalte bedeutet:< **BG** (Bestimmungsgrenze) bzw. **n.n.** (nicht nachweisbar)**Gesamteinstufung: Z 0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten

**Auswertung nach VwV Bodenverwertung**

Probe Nr. / Bezeichnung:	<b>MP 4 Terrassenschotter</b>
--------------------------	-------------------------------

chemische Analyse:

Prüfbericht 65569-MP4, ICA, Leipzig, vom 14.09.2022

**Bodenart: Sand**

Parameter	<sup>1)</sup>	Einheit	Z0	Z0*IIIA	Z0*	Z 1.1	Z1.2	Z 2	Gehalt <sup>2)</sup>	Einstufung
Arsen	FS	mg/kg	10	15	15	45	45	150	<b>3,4</b>	Z 0
Blei	FS	mg/kg	40	100	140	210	210	700	<b>3,7</b>	Z 0
Cadmium	FS	mg/kg	0,4	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	FS	mg/kg	30	100	120	180	180	600	<b>10</b>	Z 0
Kupfer	FS	mg/kg	20	60	80	120	120	400	<b>6,2</b>	Z 0
Nickel	FS	mg/kg	15	70	100	150	150	500	<b>7</b>	Z 0
Thallium	FS	mg/kg	0,4	0,7	0,7	2,1	2,1	7	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	FS	mg/kg	0,1	1	1	1,5	1,5	5	<b>0</b>	Z 0
Zink	FS	mg/kg	60	200	300	450	450	1500	<b>18</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	FS	mg/kg				3	3	10	<b>0</b>	Z 0
EOX	FS	mg/kg	1	1	1	3	3	10	<b>0</b>	Z 0
MKW [C10-22]	FS	mg/kg	100	100	200	300	300	1000	<b>0</b>	Z 0
MKW [C10-40]	FS	mg/kg	100	100	400	600	600	2000	<b>0</b>	Z 0
Σ BTEX (4)	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ LHKW	FS	mg/kg	1	1	1	1	1	1	<b>0</b>	Z 0
Σ PAK 16	FS	mg/kg	3	3	3	3	9	30	<b>0</b>	Z 0
Benzo(a)pyren	FS	mg/kg	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	<b>0</b>	Z 0
Σ PCB 6	FS	mg/kg	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	<b>0</b>	Z 0
Arsen	E	µg/l		14	14	14	20	60	<b>0</b>	Z 0
Blei	E	µg/l		40	40	40	80	200	<b>0</b>	Z 0
Cadmium	E	µg/l		1,5	1,5	1,5	3	6	<b>0</b>	Z 0
Chrom (ges.)	E	µg/l		12,5	12,5	12,5	25	60	<b>0</b>	Z 0
Kupfer	E	µg/l		20	20	20	60	100	<b>0</b>	Z 0
Nickel	E	µg/l		15	15	15	20	70	<b>0</b>	Z 0
Quecksilber	E	µg/l		0,5	0,5	0,5	1	2	<b>0</b>	Z 0
Zink	E	µg/l		150	150	150	200	600	<b>0</b>	Z 0
Cyanide (ges.)	E	µg/l	5	5	5	5	10	20	<b>0</b>	Z 0
Phenol-Index	E	µg/l	20	20	20	20	40	100	<b>0</b>	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	<b>9</b>	Z 0
el. Leitfähigkeit	E	µS/cm	250	250	250	250	1500	2000	<b>48</b>	Z 0
Chlorid	E	mg/l	30	30	30	30	50	100	<b>0</b>	Z 0
Sulfat	E	mg/l	50	50	50	50	100	150	<b>1,1</b>	Z 0

<sup>1)</sup> FS = Feststoff; E = Eluat<sup>2)</sup> "0" in Spalte Gehalte bedeutet:

&lt; BG (Bestimmungsgrenze) bzw. n.n. (nicht nachweisbar)

**Gesamteinstufung: Z 0****Erläuterungen / Kommentar zur Einstufung:**

alle Zuordnungsparameter für Z 0 eingehalten

**Chemische Untersuchungen**  
Prüfberichte des chemischen Labors

(6 Blatt)

**Auftraggeber:** Smolczyk & Partner GmbH  
Untere Waldplätze 14  
70569 Stuttgart

**Projekt:** 22-057.1 Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach:  
BW 232 Feldwegbrücke

Probenanzahl/-art: 1 Bodenprobe  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Eingang Labor/Prüfdatum: 7.9.22 / 7.9.-13.9.22

**Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums von Baden-Württemberg  
für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007**

**Feststoffuntersuchung;** Metalle aus dem Königswasserextrakt gem. DIN EN 13657: 2003-01  
(alle Feststoffwerte bezogen auf Trockenmasse / 87,2 Masse %)

**Eluatuntersuchung** (Eluat gem. DIN EN 12457-4: 2003-01, SM über 0,45 µm filtriert)  
Aussehen filtriertes Eluat: leicht gelblich, klar

Parameter	Prüfverfahren	Feststoff in mg/kg	
		MP 1 Auffüllung	Eluat in µg/l MP 1 Auffüllung
Arsen	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	7,5	<5
Blei	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	14	<5
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	<0,5
Chrom, gesamt	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	33	9
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	12	<5
Nickel	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	23	5
Thallium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	--
Quecksilber	DIN EN ISO 12846: 2012-08	<0,1	<0,2
Zink	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	53	16
Cyanid, gesamt	DIN 38405 D13: 2011-04	<0,1	<5
EOX	DIN 38414 S17: 2017-01	<1	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>22</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<50	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<100	--
BTEX	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
LHKW	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
Summe PAK 16	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,5	--
Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,05	--
Summe PCB <sub>6</sub>	DIN EN 15308: 2016-12	<0,03	--
Phenol-Index	DIN 38409 H16: 1984-06	--	<10

pH-Wert (22°C)	DIN EN ISO 10523: 2012-04	--	8,1
elektr. LF in µS/cm Bezug 25°C	DIN EN 27888: 1993-11	--	83

Eluat in mg/l

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	<1
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	1,7

Leipzig, den 14.9.22

  
I. Bittner - Stellv. Laborleiter-  
Institut für Chem. Analytik GmbH  
Naumburger Straße 29 · 04229 Leipzig  
Tel.: 0341/9261-452 · Fax: 0341/9261-454  
e-mail: mail@ICA-Leipzig.de

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.  
Veröffentlichungsrecht: ohne Genehmigung der ICA GmbH nur ungekürzt und unverändert

**Prüfbericht Nr. 65569- MP 1-DepV, Seite 1 von 2**

<b>Auftraggeber:</b> Smolczyk & Partner GmbH Untere Waldplätze 14 70569 Stuttgart	<b>Projekt:</b> Probenanzahl/-art: Probenahme: Eingang Labor/Prüfdatum:	<b>22-057.1 Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach:</b> <b>BW 232 Feldwegbrücke</b> 1 Bodenprobe durch Auftraggeber 7.9.22 / 7.9.-13.9.22
--	--	--

**Parameter nach Deponieverordnung** vom 27.4.2009 einschließlich der Änderungen bis 30.6.2020 und zusätzlich **Parameter mit Zuordnungswerten der Handlungshilfe BW 2012**

**Feststoffuntersuchung**

Parameter	Prüfverfahren	Maß- einheit	MP 1 Auffüllung	Zuordnungswerte DepV			
				DK 0	DK 1	DK 2	DK 3
Organischer Anteil des Trockenrückstandes							
bestimmt als Glühverlust	DIN EN 15169/Pkt.9.1: 2007-05	Masse %	4,0	≤ 3	≤ 3	≤ 5	≤ 10
bestimmt als TOC	DIN EN 15936: 2012-11 / Probe getrocknet	Masse %	0,3	≤ 1	≤ 1	≤ 3	≤ 6
Extrahierbare lipophile Stoffe	LAGA KW/04: 2019-09	Masse %	<0,03	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 4
Summe BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, o-, m-, p- Xylol, Styrol, Cumol)	DIN EN ISO 22155: 2016-07	mg/kg TM	<0,5	≤ 6	6 /max 30 *)	6 /max 60 *)	
Summe LHKW	DIN EN ISO 22155: 2016-07	mg/kg TM	<0,5	≤ 2	5 /max 10 *)	5 /max 25 *)	
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	mg/kg TM	<100	≤ 500	4.000	8.000	
Summe PAK nach EPA	DIN ISO 18287: 2006-05	mg/kg TM	<0,5	≤ 30	500	1000 *)	
Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287: 2006-05	mg/kg TM	<0,05				
Summe PCB (7 Komp. nach Vorgabe DepV)	DIN EN 15308: 2016-12	mg/kg TM	<0,035	≤ 1	5	10	

Masse % bezogen auf TM - Trockenmasse (87,2 Masse %)

\*) vgl. Fußnoten der "Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen Stand: Mai 2012"



**Prüfbericht Nr. 65569- MP 1-DepV, Seite 2 von 2**

**Eluatuntersuchung** (Eluat gem. DIN EN 12457-4: 2003-01, LF in Bezug auf 25°C: 83 µS/cm, SM/DOC über 0,45 µm filtriert)

Aussehen filtriertes Eluat: leicht gelblich, klar

Parameter	Prüfverfahren	Maß- einheit	MP 1 Auffüllung	Zuordnungswerte DepV			
				DK 0	DK 1	DK 2	DK 3
pH-Wert bei 22°C	DIN EN ISO 10523: 2012-04		8,1	5,5 - 13,0	5,5 - 13,0	5,5 - 13,0	4,0 - 13,0
DOC	DIN EN 1484: 2017-09	mg/l	2,8	≤ 50	≤ 50	≤ 80	≤ 100
Phenol-Index	DIN 38409 H16: 1984-06	mg/l	<0,01	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100
Arsen	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,005	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5
Blei	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,005	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,0005	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,005	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10
Nickel	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	0,005	≤ 0,04	≤ 0,2	≤ 1	≤ 4
Quecksilber	DIN EN ISO 12846: 2012-08	mg/l	<0,0002	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2
Zink	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	0,016	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	mg/l	<1	≤ 80	≤ 1 500	≤ 1 500	≤ 2 500
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	mg/l	1,7	≤ 100	≤ 2 000	≤ 2 000	≤ 5 000
Cyanid, leicht freisetzbar	DIN 38405 D13: 2011-04	mg/l	<0,01	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1
Fluorid	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	mg/l	0,3	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50
Barium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	0,034	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 30
Chrom, gesamt	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	0,009	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7
Molybdän	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,005	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 3
Antimon	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,005	≤ 0,006	≤ 0,03	≤ 0,07	≤ 0,5
Selen	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	mg/l	<0,005	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,7
Gesamtgehalt gelöster Stoffe	DIN 38409 H1: 1987-01	mg/l	<200	≤ 400	≤ 3000	≤ 6000	≤ 10000

Leipzig, den 14.9.22

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.

Veröffentlichungsrecht: ohne Genehmigung der ICA GmbH nur ungekürzt und unverändert

  
 J. Bittner -Stellv. Laborleiter-  
 Institut für Chem. Analytik GmbH  
 Naumburger Straße 29 · 04229 Leipzig  
 Tel.: 0341/9261-452 · Fax: 0341/9261-454  
 e-mail: mail@ICA-Leipzig.de



**Auftraggeber:** Smolczyk & Partner GmbH  
Untere Waldplätze 14  
70569 Stuttgart

**Projekt:** 22-057.1 Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach:  
BW 232 Feldwegbrücke

Probenanzahl/-art: 1 Bodenprobe  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Eingang Labor/Prüfdatum: 7.9.22 / 7.9.-13.9.22

**Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums von Baden-Württemberg  
für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007**

**Feststoffuntersuchung;** Metalle aus dem Königswasserextrakt gem. DIN EN 13657: 2003-01  
(alle Feststoffwerte bezogen auf Trockenmasse / 86,8 Masse %)

**Eluatuntersuchung** (Eluat gem. DIN EN 12457-4: 2003-01, SM über 0,45 µm filtriert)

Aussehen filtriertes Eluat: farblos, klar

Parameter	Prüfverfahren	Feststoff in mg/kg	
		MP 2 Lösslehm	Eluat in µg/l MP 2 Lösslehm
Arsen	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	9,4	<5
Blei	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	12	<5
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	<0,5
Chrom, gesamt	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	35	<5
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	11	<5
Nickel	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	24	<5
Thallium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	--
Quecksilber	DIN EN ISO 12846: 2012-08	<0,1	<0,2
Zink	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	50	6
Cyanid, gesamt	DIN 38405 D13: 2011-04	<0,1	<5
EOX	DIN 38414 S17: 2017-01	<1	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>22</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<50	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<100	--
BTEX	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
LHKW	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
Summe PAK 16	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,5	--
Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,05	--
Summe PCB <sub>6</sub>	DIN EN 15308: 2016-12	<0,03	--
Phenol-Index	DIN 38409 H16: 1984-06	--	<10

pH-Wert (22°C)	DIN EN ISO 10523: 2012-04	--	8,3
elektr. LF in µS/cm Bezug 25°C	DIN EN 27888: 1993-11	--	79

Eluat in mg/l

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	<1
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	1,7

Leipzig, den 14.9.22

  
J. Bittner - Stellv. Laborleiter-  
Institut für Chem. Analytik GmbH  
Naumburger Straße 29 · 04229 Leipzig  
Tel.: 0341/9261-452 · Fax: 0341/9261-454  
e-mail: mail@ICA-Leipzig.de

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.

Veröffentlichungsrecht: ohne Genehmigung der ICA GmbH nur ungekürzt und unverändert

**Auftraggeber:** Smolczyk & Partner GmbH  
Untere Waldplätze 14  
70569 Stuttgart

**Projekt:** 22-057.1 Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach:  
BW 232 Feldwegbrücke

Probenanzahl/-art: 1 Bodenprobe  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Eingang Labor/Prüfdatum: 7.9.22 / 7.9.-13.9.22

**Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums von Baden-Württemberg  
für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007**

**Feststoffuntersuchung;** Metalle aus dem Königswasserextrakt gem. DIN EN 13657: 2003-01  
(alle Feststoffwerte bezogen auf Trockenmasse / 85,8 Masse %)

**Eluatuntersuchung** (Eluat gem. DIN EN 12457-4: 2003-01, SM über 0,45 µm filtriert)

Aussehen filtriertes Eluat: farblos, klar

Parameter	Prüfverfahren	Feststoff in mg/kg	
		MP 3 Gipskeuper	Eluat in µg/l MP 3 Gipskeuper
Arsen	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	6,0	<5
Blei	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	9,4	<5
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	0,33	<0,5
Chrom, gesamt	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	48	<5
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	26	<5
Nickel	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	32	<5
Thallium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	--
Quecksilber	DIN EN ISO 12846: 2012-08	<0,1	<0,2
Zink	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	40	<5
Cyanid, gesamt	DIN 38405 D13: 2011-04	<0,1	<5
EOX	DIN 38414 S17: 2017-01	<1	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>22</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<50	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<100	--
BTEX	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
LHKW	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
Summe PAK 16	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,5	--
Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,05	--
Summe PCB <sub>6</sub>	DIN EN 15308: 2016-12	<0,03	--
Phenol-Index	DIN 38409 H16: 1984-06	--	<10

pH-Wert (22°C)	DIN EN ISO 10523: 2012-04	--	8,3
elektr. LF in µS/cm Bezug 25°C	DIN EN 27888: 1993-11	--	93

Eluat in mg/l

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	1,1
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	2,5

Leipzig, den 14.9.22

  
J. Bittner - Stellv. Laborleiter-  
Institut für Chem. Analytik GmbH  
Naumburger Straße 29 · 04229 Leipzig  
Tel.: 0341/9261-452 · Fax: 0341/9261-454  
e-mail: mail@ICA-Leipzig.de

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.

Veröffentlichungsrecht: ohne Genehmigung der ICA GmbH nur ungekürzt und unverändert

**Auftraggeber:** Smolczyk & Partner GmbH  
Untere Waldplätze 14  
70569 Stuttgart

**Projekt:** 22-057.1 Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach:  
BW 232 Feldwegbrücke

Probenanzahl/-art: 1 Bodenprobe  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Eingang Labor/Prüfdatum: 7.9.22 / 7.9.-13.9.22

**Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums von Baden-Württemberg  
für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007**

**Feststoffuntersuchung;** Metalle aus dem Königswasserextrakt gem. DIN EN 13657: 2003-01  
(alle Feststoffwerte bezogen auf Trockenmasse / 98,3 Masse %)

**Eluatuntersuchung** (Eluat gem. DIN EN 12457-4: 2003-01, SM über 0,45 µm filtriert)

Aussehen filtriertes Eluat: farblos, klar

Parameter	Prüfverfahren	Feststoff in mg/kg	
		MP 4 Terrassenschotter	Eluat in µg/l MP 4 Terrassenschotter
Arsen	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	3,4	<5
Blei	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	3,7	<5
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	<0,5
Chrom, gesamt	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	10	<5
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	6,2	<5
Nickel	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	7,0	<5
Thallium	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	<0,3	--
Quecksilber	DIN EN ISO 12846: 2012-08	<0,1	<0,2
Zink	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	18	<5
Cyanid, gesamt	DIN 38405 D13: 2011-04	<0,1	<5
EOX	DIN 38414 S17: 2017-01	<1	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>22</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<50	--
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	DIN EN 14039: 2005-01	<100	--
BTEX	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
LHKW	DIN EN ISO 22155: 2016-07	<0,5	--
Summe PAK 16	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,5	--
Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287: 2006-05	<0,05	--
Summe PCB <sub>6</sub>	DIN EN 15308: 2016-12	<0,03	--
Phenol-Index	DIN 38409 H16: 1984-06	--	<10

pH-Wert (22°C)	DIN EN ISO 10523: 2012-04	--	9,0
elektr. LF in µS/cm Bezug 25°C	DIN EN 27888: 1993-11	--	48

Eluat in mg/l

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	<1
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	--	1,1

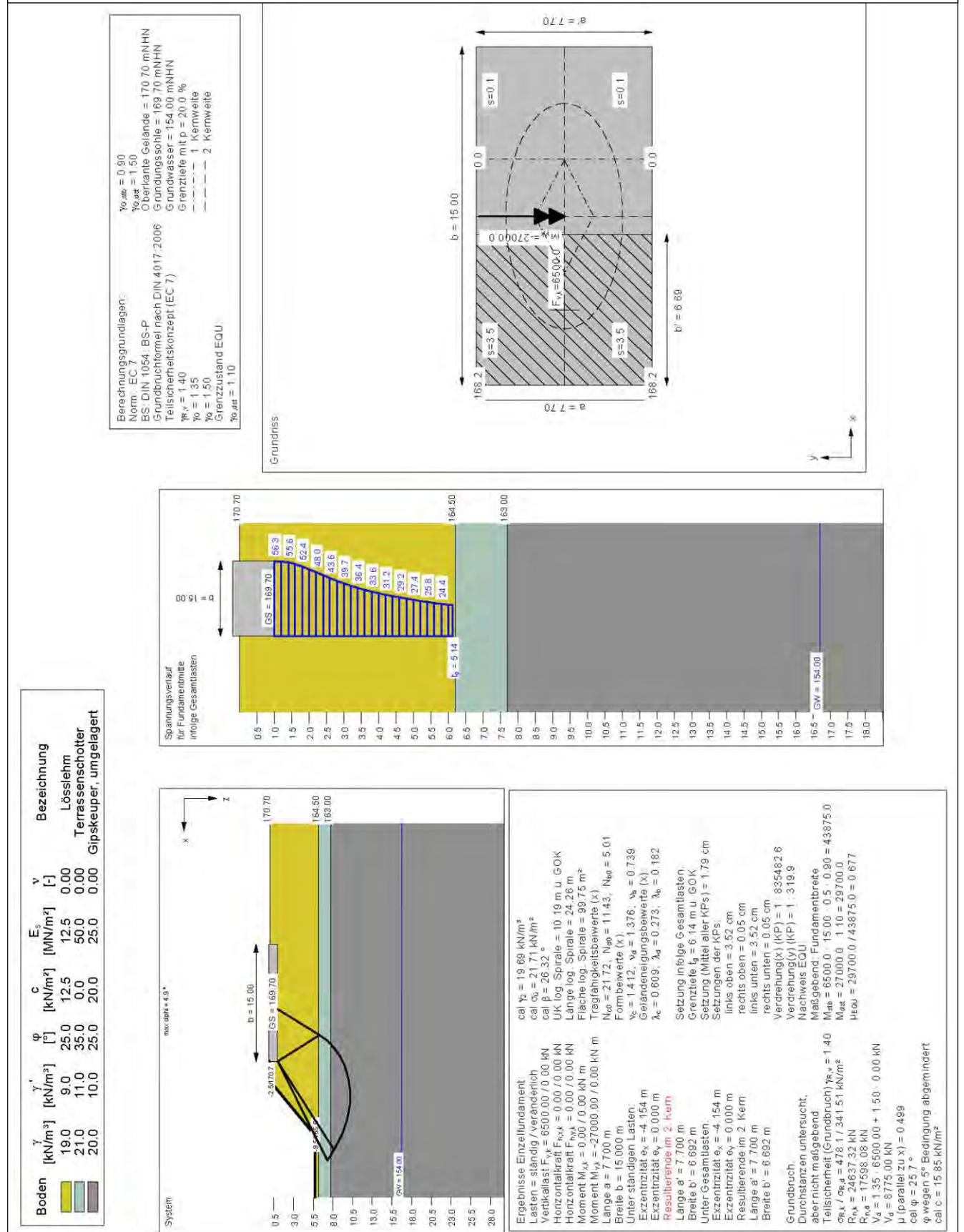
Leipzig, den 14.9.22

  
1. Bittner - Stellv. Laborleiter-  
Institut für Chem. Analytik GmbH  
Naumburger Straße 29 · 04229 Leipzig  
Tel.: 0341/9261-452 · Fax: 0341/9261-454  
e-mail: mail@ICA-Leipzig.de

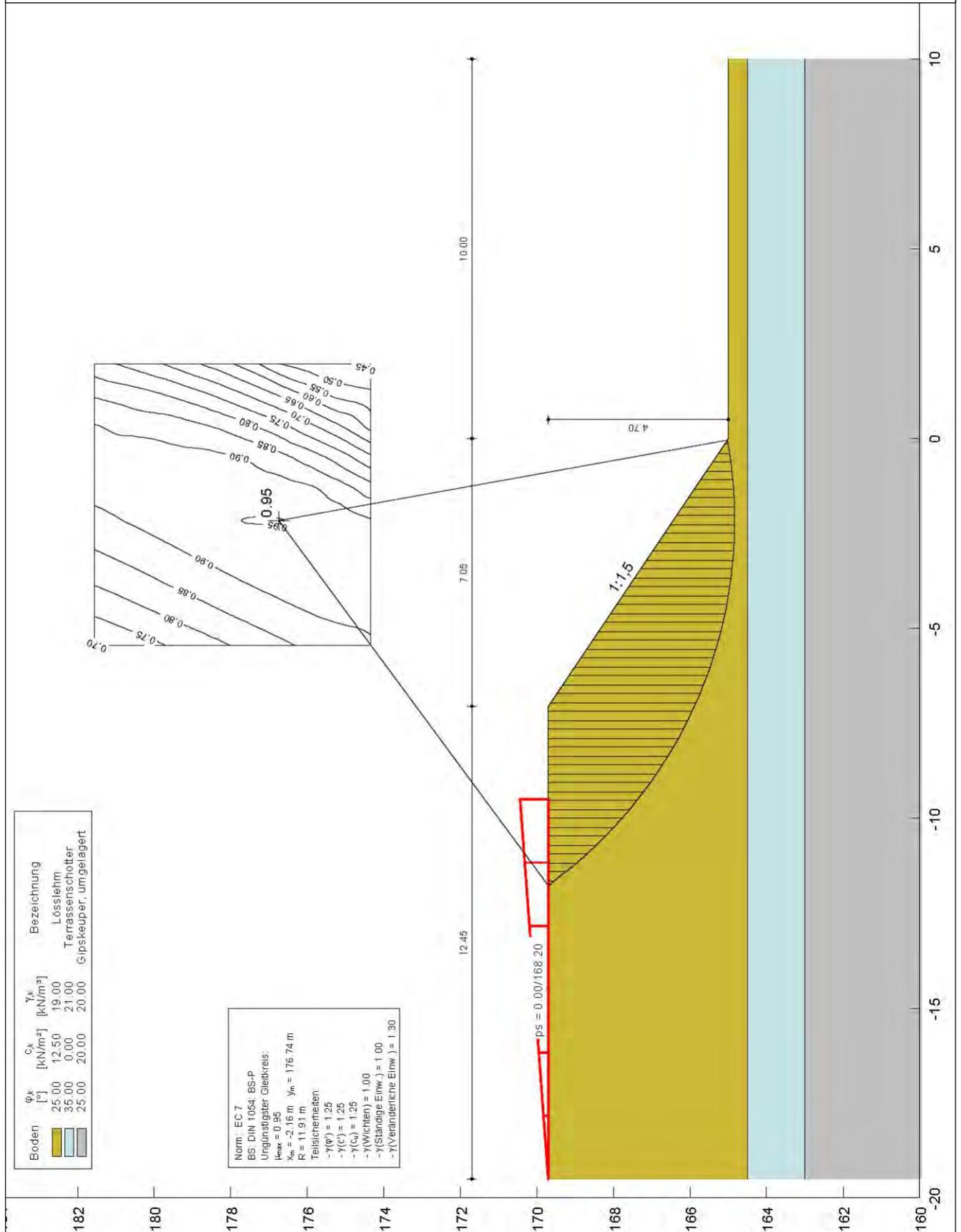
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.

Veröffentlichungsrecht: ohne Genehmigung der ICA GmbH nur ungekürzt und unverändert

Ergebnisse der geotechnischen Berechnungen  
Grundbruch-/Setzungsrechnung



Ergebnisse der geotechnischen Berechnungen  
 Böschungsstandsicherheit der Einschnittsböschung



Ergebnisse der geotechnischen Berechnungen  
 Böschungsstandsicherheit der Baugrubenböschung

