

IBES Baugrundinstitut GmbH

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen



Fritz-Voigt-Straße 4
67433 Neustadt/Weinstr.
Telefon: 06321 4996-00
Telefax: 06321 4996-29
ibes-gmbh@ibes-gmbh.de
www.ibes-gmbh.de

Baugrund- und Gründungsgutachten

- Geotechnik
- Umwelttechnik
- Hydrogeologie
- FEM-Berechnungen
- Beweissicherungen
- Erdbaulabor
- Geotechnische Bauüberwachung
- Erschütterungsmessungen
- Infrastrukturgeotechnik
- Bausubstanzuntersuchungen
- Gebäuderückbaukonzepte

Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle
nach RAP Stra 10, Fachgebiet A3, I3

Projekt: **Beseitigung des Bahnübergangs Altshausen**
Strecke 4550 Herbertingen - Isny, km 18,675

Auftraggeber: **DB Netz AG**
Regionalbereich Südwest
Schwarzwaldstraße 82
76137 Karlsruhe

Auftrag vom: **21.06.2016**

Rahmenvertrag-Nr.: **1000 / EKX / 26347784**

Bestellung: **0016 / KL3 / 26347784**

IBES-Projekt-Nr.: **16.376.1**

Ort und Datum
des Gutachtens: **Neustadt, 20.10.2016 mk/bö/bc-gr**

Dieses Gutachten umfasst 74 Seiten einschließlich Anlagen.

Hauptsitz: Neustadt an der Weinstraße
Zweigniederlassung Schweiz: Basel

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Rauch
Dipl.-Ing. (FH) Johannes Rauch

Registergericht: Ludwigshafen Nr. HRB 41377
Steuernummer: 31/652/0418/2



Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorgang	- 4 -
2 Unterlagen	- 4 -
3 Baugelände, Bauwerksbestand und Baumaßnahme	- 5 -
3.1 Baugelände	- 5 -
3.2 Bauwerksbestand	- 5 -
3.3 Baumaßnahme	- 5 -
4 Geologische und hydrogeologische Untergrundverhältnisse	- 6 -
4.1 Allgemeines	- 6 -
4.2 Homogenbereiche	- 6 -
4.3 Regionale Geologie	- 6 -
4.4 Erdbebenzone, Baugrund- und Untergrundklasse	- 6 -
4.5 Durchgeführte Baugrundaufschlüsse	- 7 -
4.6 Bodenart und Schichtenfolge	- 7 -
4.7 Baugrundfestigkeit	- 9 -
4.8 Hydrogeologische Verhältnisse	- 9 -
4.8.1 Grundwasserstände	- 9 -
4.8.2 Durchlässigkeiten des Baugrundes	- 10 -
4.8.3 Wasserbeschaffenheit	- 11 -
5 Geotechnische Baugrundkenngößen	- 11 -
6 Gründungsempfehlungen	- 14 -
6.1 Allgemeines und Beurteilung der Baugrundverhältnisse	- 14 -
6.2 Gründung der Eisenbahnunterführung	- 16 -
6.2.1 Bodenplatte (Vollrahmen)	- 16 -
6.2.2 Bohrpfahlgründung	- 17 -
6.2.3 Mikropfähle	- 18 -
6.2.4 Gerammte Bohlträger	- 18 -
6.2.5 Verschubbahn	- 19 -
7 Ausführungshinweise	- 20 -
7.1 Frei geböschte Baugrubenwände	- 20 -
7.2 Verbau	- 22 -
7.2.1 Allgemeines	- 22 -
7.2.2 Spundwände	- 23 -
7.2.3 Gerammte Bohlträger	- 24 -
7.2.4 Bohrpfähle / Bohrträgern	- 24 -
7.3 Rückverankerung	- 24 -
7.4 Hilfsbrücken	- 24 -
7.5 Wasserhaltung	- 25 -
8 Hinweise zur Bauausführung	- 25 -



9	Umwelttechnische Untersuchungen	- 26 -
9.1	Vorgang	- 26 -
9.2	Unterlagen und Vorschriften	- 27 -
9.3	Probenahme und Untersuchungsumfang	- 27 -
9.4	Ergebnisse und Bewertung des Bodenmaterials	- 28 -
9.5	Gefährdungspotential und Empfehlungen	- 30 -
9.6	Empfehlungen für die Ausschreibung	- 30 -
10	Schlussbemerkungen	- 31 -

Anlagenverzeichnis

1	Auszug aus der topographischen Karte M. 1 : 20.000 (1 Blatt)
2	Lageplan mit Erkundungspunkten, M. 1 : 500 (1 Blatt)
3	Fotodokumentation (4 Blatt)
4	Legende, Bohrprofile und Rammprofile, M. 1 : 100 (5 Blatt)
5	Ingenieurgeologischer Schnitt, Bauwerksschnitte, M. 1 : 500 / 1 : 100 (2 Blatt)
6	Bodenmechanische Laborversuche (11 Blatt)
7	Chemoanalytische Untersuchungen (6 Blatt)
8	Wasseranalyse nach DIN 4030 - Prüfbericht (3 Blatt)
9	Homogenbereiche (9 Blatt)



1 Vorgang

Die DB Netz AG, Regionalbereich Südwest, plant in Altshausen an der DB Strecke 4550 Herbertingen - Isny bei km 18,675 die Beseitigung eines Bahnüberganges (BÜ). Dieser soll durch eine Unterführung ersetzt werden.

Für eine wirtschaftliche, bautechnisch sinnvolle und sichere Planung, statische Bemessung, Ausschreibung und Bauausführung sind Angaben über den Baugrundaufbau sowie über die bodenmechanischen Kenngrößen des anstehenden Baugrundes und zum Entsorgungsweg für die anfallenden Aushubmaterialien erforderlich. Hierzu müssen Baugrundaufschlüsse durchgeführt, in begleitenden Laboruntersuchungen die bodenmechanischen Baugrundkennwerte festgelegt sowie Schadstoffgehalte analysiert werden.

Das IBES Baugrundinstitut wurde am 21.06.2016 von der DB Netz AG, Regionalbereich Südwest, mit der Durchführung der Baugrunderkundung sowie der Ausarbeitung eines Baugrund- und Gründungsgutachtens mit abfallrechtlicher Bewertung beauftragt.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung des Gutachtens standen neben den einschlägigen Vorschriften, Richtlinien, Normen usw. folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Topografische Karte, digital abgerufen unter udo.lubw.baden-württemberg.de, M. 1 : 20.000
- [2] Geologische Übersichtskarte, Blatt CC 8718 Ravensburg, Ausgabe 1991, M. 1 : 200.000
- [3] Plan Ivl 4550 AX, Stand 2010, M. 1 : 1.000, DB Netz AG
- [4] Auszug aus diversen Planunterlagen der Gemeinde, M. 1 : 1000 / 250 / 100 / 50, Aufsteller unbekannt
- [5] Kabel-/ Leitungspläne von Ver-/ Entsorgern
- [6] Daten- und Kartendienste der LUBW <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de>



3 Baugelände, Bauwerksbestand und Baumaßnahme

3.1 Baugelände

Das Baugebiet befindet sich in Altshausen, einer Gemeinde im Landkreis Ravensburg. An der Strecke 4550 wird in Bahn-km 18,675 die Bismarckstraße gekreuzt. Die eingleisige Strecke verläuft hier in Dammlage und einem leichten Linksbogen.

Westlich des Bahnübergangs befindet sich das Siedlungsgebiet der Gemeinde mit überwiegend lockerer Wohnbebauung. Östlich schließen landwirtschaftlich genutzte Flächen an.

Die SO im Bereich des Bahnüberganges liegt auf ca. 575,8 mNN \pm 0,1 m.

Die Anlage 1 zeigt einen Ausschnitt aus der topographischen Karte [1], in dem das Untersuchungsgebiet gekennzeichnet ist. Im Lageplan der Anlage 2 ist der Projektstandort dargestellt. Einen Eindruck von den Geländebeziehungen und den Aufschlussarbeiten vermitteln die Bilder der Anlage 3.

3.2 Bauwerksbestand

Bei dem Bestandsbauwerk handelt es sich um einen unbeschränkten Bahnübergang.

3.3 Baumaßnahme

Der BÜ soll durch ein Rahmenbauwerk ersetzt werden. Entsprechend den vorliegenden Planunterlagen der Gemeinde [4] soll ein Rahmenbauwerk errichtet werden, an das westlich eine Rampe angeschlossen ist, die als wasserdichtes Trogbauwerk ausgebildet werden soll. Im Übergangsbereich Trog – Straße ist eine Stützwandkonstruktion aus L-Steinen angedacht. Die Gründungssohle des Rahmenbauwerks soll auf ca. 570,3 mNN und somit ca. 5,5 m unter SO zu liegen kommen.

Das Trogbauwerk und die Stützwandkonstruktion werden seitens der Gemeinde geplant und sind nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die Baumaßnahme der geotechnischen Kategorie 2 zuzuordnen.



4 Geologische und hydrogeologische Untergrundverhältnisse

4.1 Allgemeines

Nach DIN EN ISO 14688 / DIN 4022 weisen feinkörnige Böden i. d. R. eine oberhalb der A-Linie angesiedelte Plastizitätszahl auf und sind dementsprechend als Tone zu klassifizieren. Diese Ansprache scheint relativ undifferenziert, da alle feinkörnigen Böden nahezu gleich angesprochen werden und ein Ableiten der Plastizität auf Grundlage der Ansprache nach DIN EN ISO 14688 / DIN 4022 kaum möglich ist. Bei der Ansprache von feinkörnigen Böden wird daher im Folgenden und in den Anlagen von den Regeln der DIN EN ISO 14688 / DIN 4022 abgewichen und die feinkörnigen Böden analog zu den grobkörnigen Böden nach ihren Massenanteilen angesprochen und nicht nach ihrem plastischen Verhalten beurteilt.

4.2 Homogenbereiche

Die DIN 18300 ff. (Ausgabe 2015) gilt für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen. Boden und Fels sind entsprechend ihres Zustandes vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

In diesem Gutachten werden bei der Festlegung der Homogenbereiche vordergründig bodenmechanische Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden und bautechnische Belange berücksichtigt (siehe Anlage 9). Im Zuge der weiteren Planung und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen sind die hier definierten Homogenbereiche, in Bezug auf die zur Anwendung kommenden technischen Gerätschaften und sonstiger Randbedingungen, eventuell anzupassen.

4.3 Regionale Geologie

Das Untersuchungsgebiet ist überwiegend würmeiszeitlich geprägt, wodurch Geschiebemergel, Schluffe, Sande, Kiese und Steine anstehen können. Östlich von Altshausen sind oberflächennah Niedermoortorfe vorhanden. Den tieferen Untergrund bilden dann tertiäre Molasseablagerungen.

Die natürlich anstehenden Böden werden im Baufeld noch von Auffüllungen überlagert bzw. wurden durch diese ersetzt.

4.4 Erdbebenzone, Baugrund- und Untergrundklasse

Nach DIN EN 1998-1/NA: 2011-01, Erdbebenzonenkarte (ehemals DIN 4149 - 2005 "Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten", Ausgabe April 2005) ist für das Untersuchungsgebiet folgende Einteilung vorzunehmen:

- Erdbebenzone 1
- Geologische Untergrundklasse S
- Baugrundklasse C



4.5 Durchgeführte Baugrundaufschlüsse

Zur Feststellung der Baugrundverhältnisse im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurde im Zeitraum August – September 2016 das nachfolgend aufgeführte Untersuchungsprogramm mit folgenden Endteufen t durchgeführt:

- Gewerbliche Bohrungen (BK, \varnothing 178 mm), $t = 16,0\text{--}17,2$ m: 2 Stck.
- Schwere Rammsondierungen (DPH), $t = 15,0$ m: 2 Stck.
- Kleinbohrung (BS, \varnothing 40 – 80 mm), $t = 8,0$ m: 2 Stck.

Die Wahl der Erkundungspunkte erfolgte unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, behördlichen Auflagen und der Lage von Versorgungsleitungen (Kabel etc.). Zur Vermeidung von Schäden wurde bei allen Aufschlusspunkten vorgeschachtet.

Die Ansatzpunkte der Erkundungsstellen wurden von IBES lage- und höhenmäßig eingemessen und können den Anlagen 2, 4 und 5 entnommen werden. Als Höhenbezugspunkt diente der Vermessungspunkt 8004, dessen Höhe uns vor Ort durch den gleichzeitig tätigen Vermesser mit 575,876 mNN benannt wurde.

Das Bohrgutmaterial in den Bohrschappen wurde beprobt und nach geologisch-bodenmechanischen Gesichtspunkten und visuell-manuellen Verfahrensmerkmalen angesprochen. Aus dem Bohrgut wurden insgesamt 48 gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 für geotechnische Laborversuche entnommen. An repräsentativen Proben wurden folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (Anlage 6.1)
- Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122, Teil 1 (Anlage 6.2)
- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121, Teil 1 (Anlage 6.3)
- Bestimmung des Glühverlusts nach DIN 18128 (Anlage 6.4)

Die Ergebnisse der Felderkundungen und Laborversuche sind in der Anlage 4 als Bohr- und Schurfprofile sowie Rammprofile und in der Anlage 5 in Form zweier ingenieurgeologischer Schnitte dargestellt.

4.6 Bodenart und Schichtenfolge

Die angetroffenen Böden können hinsichtlich ihrer Entstehung und ihres bodenmechanischen Verhaltens in die folgenden Schichten bzw. Schichtkomplexe zusammengefasst werden:

- **Auffüllungen**
- **Organische Deckschichten**
- **Geschiebemergel**
- **Süßwassermolasse**



Auffüllungen

Zuoberst stehen Auffüllungen an, die überwiegend in Form von feinkornfreien bis feinkornarmen Sanden und Kiesen vorliegen. Bereichsweise stehen auch Schluffe und feinkornreiche Sande an. Diese weisen eine weich-steife oder steife Konsistenz auf.

Die Schichtunterkante der Auffüllungen wurde im Bereich des Bahnübergangs bei 4,7 m unter GOK festgestellt (BS 1, BK 1).

Am Erkundungspunkt BS 1 werden die Auffüllungen von ca. 15 cm Oberboden (Bodengruppe OH) überlagert.

Innerhalb der Auffüllungen wurden teils Fremdbestandteile in Form von Ziegel- und Asphaltstücken vorgefunden.

Gemäß der bodenmechanischen Ansprache handelt es sich bei den Auffüllungen um Böden der Bodengruppen [GU], [GU*], [SI], [SU], [SU*], [SU*/TL] und [TL].

Organische Deckschichten

Die Auffüllungen werden durchgängig von mehr oder weniger organisch geprägten Deckschichten unterlagert, bei denen es sich um Ausläufer des östlich anschließenden Niedermoorgebietes handelt. In diesem Schichthorizont wurden neben Holz auch torfartige Einlagerungen festgestellt. Bei den Holzresten handelt es sich vermutlich um Bruchwaldreste. Neben diesen organisch geprägten Schichten wurden in diesem Schichtpaket feinkornreiche Sande sowie Schluffe aufgeschlossen.

Die Konsistenz der bindigen Böden ist als weich oder weich-steif zu beschreiben. Bei BK 2 wurde zwischen 4,0 und 4,7 m unter GOK eine breiige Schicht angetroffen. Möglicherweise liegt hier eine Konsistenzverschiebung der bindigen Böden in Verbindung mit Schichtenwasser und der mechanischen Einwirkung durch den Bohrvorgang vor.

Gemäß der bodenmechanischen Ansprache und den Ergebnissen der Laboruntersuchungen handelt es sich bei den organischen Deckschichten überwiegend um Böden der Bodengruppen SU*, SU, TL, TM, OT und HN. Die Bodengruppe HZ wurde zwar nicht direkt angetroffen, jedoch ist nicht auszuschließen, dass diese im Zuge des großflächigen Aushubs in Teilbereichen angetroffen wird.

Die aufgeschlossenen Holzreste weisen kein bodenartiges Verhalten auf und sind somit keiner Bodengruppe zuzuordnen.

Geschiebemergel

Die Deckschichten werden von Geschiebemergel unterlagert. Hierbei handelt es sich um Schluff-Ton-Kies-Sand-Gemische, die im Übergangsbereich zu den Deckschichten eine weiche oder weich-steife Konsistenz aufweisen. Mit zunehmender Tiefe verbessert sich die Konsistenz, so dass in größerer Tiefe schließlich steife, steif-halbfeste oder halbfeste Konsistenzen vorliegen.



Gemäß der bodenmechanischen Ansprache und den Ergebnissen der Laboruntersuchungen handelt es sich bei dem Geschiebemergel um Böden der Bodengruppen GU*/TL, SU*/TL, TL, TL/TM, TM, TM/TA und TA.

Süßwassermolasse

In den verrohrten Bohrungen wurde als unterster Schichtkomplex die Süßwassermolasse in Form von Mergelstein angetroffen. Sie wurde ab ca. 16,8 m unter GOK (BK 1) bzw. ca. 15,5 m unter GOK (BK 2) aufgeschlossen. Hinsichtlich des Verwitterungsgrades nach FGSV 543 ist der Mergelstein als entfestigt (VE) einzustufen.

4.7 Baugrundfestigkeit

Auf die Lagerungsdichte der angetroffenen Böden kann auf der Grundlage der durchgeführten Rammsondierungen (schwere Rammsonde DPH) Rückschluss gezogen werden. Anhand der Schlagzahlen lassen sich u. U. auch Schichtwechsel nachvollziehen.

Wegen den durchgeführten Vorschachtungen konnte die Lagerungsdichte vom jeweiligen Geländeniveau ausgehend generell bis in eine Tiefe von ca. 1,2 m nicht überprüft werden.

Die Auffüllungen und die Deckschicht weisen nur sehr geringe Schlagzahlen von 0-2 auf. Im Bereich der nichtbindigen Böden liegen somit überwiegend sehr lockere(– lockere) Lagerungsverhältnisse vor. Infolge dynamischer oder hydraulischer Beanspruchungen können hier Kornumlagerungen (Sackungen) auftreten.

Die Schlagzahlen steigen erst im Übergangsbereich Deckschicht – Geschiebemergel nennenswert an, was auf die eingeschränkte Tragfähigkeit der Auffüllungen und Deckschicht schließen lässt. Nichtbindige Horizonte im Bereich der Deckschicht weisen eine lockere, untergeordnet auch mitteldichte Lagerungsdichte auf.

Mit Erreichen der bindigen Geschiebemergel steigen die Schlagzahlen mehr oder weniger linear an. Die erkundeten Konsistenzen werden von den Ergebnissen der Rammsondierung bestätigt.

Ab ca. 10 m unter GOK sind lokale Ausschläge (Peaks) festzustellen, die auf eingelagerte Steine schließen lassen (Bohr- und Rammhindernisse). In der Nähe des Festgesteinshorizontes sind zumindest bei BK / DPH 2 lagenartige Bereiche mit hohen Schlagzahlen festzustellen ($N_{10-DPH} > 80$) was auf eine Wechsellagerung von festgesteinsartigen Schichten mit Lockergesteinen hindeutet.

4.8 Hydrogeologische Verhältnisse

4.8.1 Grundwasserstände

Grundwasser wurde im Rahmen der Erkundung nicht angetroffen. In verschiedenen Tiefenlagen wurden jedoch Schichtwasserzutritte festgestellt.

In der Nähe des Baufelds befinden sich entsprechend unserer Recherchen unter [6] keine amtlichen Grundwassermessstellen.



Die aufgefüllten Böden im Dammbereich liegen weitestgehend oberhalb des östlich anschließenden Niedermoores. In diesen Schichten beschränken sich die hydrologischen Einflüsse auf Niederschlags- und Sickerwasser.

Mit Erreichen des Niveaus des angrenzenden Niedermoores kann ab ca. 4 m unter GOK Schichtwasser innerhalb der durchlässigeren Bereiche der Deckschichten und Geschiebemergel auftreten. Aufgrund der überwiegend mäßigen bis geringen Durchlässigkeit der Deckschichten und Geschiebemergels ist die zulaufende Wassermenge voraussichtlich begrenzt. Sie hängt u. a. zeitverzögert von der Witterung ab.

Aufgrund der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Schichten kann weiterhin Stauwasser auftreten.

Ein geschlossener Grundwasserspiegel ist in den durch die Baumaßnahme betroffenen Horizonten nicht vorhanden.

Aufgrund der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Böden sowie des damit einhergehenden Stau- und Schichtenwassers wird eine druckwasserdichte Ausbildung der Unterführung sowie des Troges entsprechend DIN 18195 T 6 („Weisse Wanne“) empfohlen.

4.8.2 Durchlässigkeiten des Baugrundes

Die Durchlässigkeitsbeiwerte für die im Baugelände aufgeschlossenen und in den vorhergehenden Abschnitten eingehend beschriebenen Böden wurden mit Hilfe von Näherungsformeln bzw. von Erfahrungswerten abgeschätzt. Es ist zu beachten, dass die tatsächlichen Durchlässigkeitsbeiwerte von den abgeschätzten mehr oder weniger stark abweichen können. In der nachfolgenden Tabelle 1 erfolgt eine Bewertung der Durchlässigkeiten der maßgebenden Böden nach DIN 18130.

Tabelle 1: Bewertung der Wasserdurchlässigkeit der aufgeschlossenen Böden

Bodengruppe nach DIN 18196	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	Durchlässigkeit nach DIN 18130
SI	5×10^{-3} bis 1×10^{-5}	(stark) durchlässig
GU, SU	1×10^{-4} bis 1×10^{-6}	durchlässig
OT	1×10^{-5} bis 1×10^{-8}	(sehr) schwach durchlässig
GU*, SU*, SU*/TL, (HZ), HN	1×10^{-6} bis 1×10^{-8}	(sehr) schwach durchlässig
TL, TM	$\leq 1 \times 10^{-7}$	(sehr) schwach durchlässig
TA	$\leq 1 \times 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig

Die Durchlässigkeit des Festgesteins (Süßwassermolasse) hängt u.a. stark vom Verwitterungsgrad sowie der Klüftung ab. Sie kann deutlich variieren und ist nur mit in-situ-Versuchen (z.B. Bohrlochpumpversuchen) verlässlich bestimmbar. Aufgrund der großen Tiefe der Süßwassermolasse ist deren Durchlässigkeit für die Baumaßnahme nicht relevant.



Nach dem aktuellen Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ (April 2005) können Versickerungsanlagen in Lockergesteinen (bei ausreichendem Grundwasserflurabstand) geplant werden, deren k_f -Werte im Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen.

Aufgrund der vorgefundenen Ortsituation ist eine planmäßige Versickerung nicht möglich.

4.8.3 Wasserbeschaffenheit

Zur Feststellung/Untersuchung des Grundwassers auf Betonaggressivität wurde im Rahmen der Erkundung aus der Bohrung BK 1 die Wasserprobe WP 1 entnommen.

Gemäß dem Untersuchungsergebnis ist das Schichtwasser nach DIN 4030 als

nicht betonangreifend

einzustufen.

Der Untersuchungsbefund und die Beurteilung sind diesem Gutachten als Anlage 8 beigefügt.

5 Geotechnische Baugrundkenngößen

Die anstehenden Bodenarten bzw. Baugrundverhältnisse sind im Abschnitt 4 eingehend beschrieben, in der Anlage 4 als Bohrprofile, Rammprofile und Schurfprofile sowie in Anlage 5 in Form zweier ingenieurgeologischer Schnitte dargestellt.

Für die mögliche Tiefenlage bzw. Einflusstiefe der Baumaßnahmen und Baugruben einschließlich Verbau können für die angetroffenen Bodenarten die in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellten Bodenkenngößen angesetzt werden.

Diese Werte bilden die Grundlage für die erdstatischen Berechnungen oder Nachweise und wurden anhand der Bodenansprache, von Laborergebnissen und auf Grund unserer Erfahrungen mit ähnlichen Bodenverhältnissen und Bodenarten derselben geologischen Formation festgelegt. Die hierfür herangezogenen Laborergebnisse sind in der Anlage 6 zu finden.

Die erdstatischen Nachweise sind grundsätzlich mit den charakteristischen Werten der Tabelle 2 zu führen. Im Zweifelsfall – je nach Berechnung bzw. Nachweis – ist mit dem Minimal- und/oder Maximalwert zu rechnen. Zu beachten ist eventuell die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Lagerungsdichten.

**Tabelle 2: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen**

Schicht-komplex	Bodenart	Bodengruppe n. DIN 18196 / Verwitterungs-grad nach FGSV 543	Lagerungs-dichte	Wichte, erdfeucht $\gamma (\gamma')$ [kN/m ³]	Reibungs-winkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steife-modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen	Feinkornarme bis feinkornreiche Kiese und Kies-sande	[GU*], [GU], [SI], [SU]	sehr locker	18 (8)	27,5	-	10 ¹⁾
			locker	19 (9)	30	-	20 - 30
	Sand-Schluff-Gemische, Schluffe	SU*/TL, TL	weich – steif, steif	19 (9)	27,5	2	6
	Organogene Böden	OT	steif	17 (7)	15,0	0	4
Organische Deckschichten	Feinkornhaltige Sande und Schluffe, teils mit organischen Anteilen	SU*, SU	sehr locker-locker	20 (10)	27,5	0	10 ¹⁾
			weich - steif	20 (10)	27,5	0	15
	Organogene Böden	TL, OT	weich, weich-steif	18 (8)	15,0-17,5	0	3-4
	Feinkörnige Böden	TL, TM	weich	20 (10)	25,0	0	5
		SU*/TL	breiig	19 (9)	25,0	0	2
	Organische Böden	HN, (HZ)	-	13 (3)	12,5	0	0,5
Geschiebe-mergel	Feinkörnige Böden	TL	weich	19 (9)	27,5	2	6
			steif	20 (10)	27,5	5	8
			halbfest	20 (10)	27,5	8	12
		TM	weich	19 (9)	25,0	2	6
			steif	20 (10)	25,0	6	8
			halbfest	20 (10)	25,0	12	12
		TA	weich	19 (9)	22,5	5	5
			steif	20 (10)	22,5	10	7
	Gemischtkörnige Böden	GU*/TL, SU*/TL	steif	20 (10)	27,5	0	10
Süßwasser-molasse	Mergelstein	VE	-	22 (12)	30	> 20	> 60

¹⁾ In sehr locker gelagerten Böden können hydraulische und dynamische Beanspruchungen zu Sackungen führen.

Die im Abschnitt 4.6 beschriebenen Schichtkomplexe lassen sich hinsichtlich ihrer Bodengruppe, Bodenklasse, Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeit gemäß Tabelle 3 klassifizieren.

**Tabelle 3: Geotechnische Klassifizierungen des Baugrundes**

Schichtkomplex	Bodengruppe DIN 18196	Frostempfindlichkeitsklasse ZTVE-StB 09	Verdichtbarkeitsklasse ZTVE-Komment.
Auffüllungen	SI; GU, SU	F1; F1/F2	V1
	GU*	F3	V2
	SU*/TL, TL	F3	V3
	OT	F2	-
Organische Deckschichten	SU	F1/F2	V1
	SU*	F3	V2
	TL, TM	F3	V3
	OT	F2	-
	HN, (HZ)	-	-
Geschiebemergel	TL, TM, GU*/TL	F3	V3
	TA	F2	-
Süßwasser- molasse	-	-	-

Für Hinterfüllungen, Arbeitsraumverfüllungen, Geländeauffüllungen, Bodenaustausch o. ä. ist ein geeignetes Bodenmaterial zu verwenden. Ein evtl. einzubauender Ersatzboden hat die Kriterien der Tabelle 4 zu erfüllen. Der Mindestabstand vom Grundwasser zur Schichtunterkante muss > 1 m betragen. Güteüberwachtes Recyclingmaterial ($\leq Z1.1$) kann somit aufgrund der hydrologischen Situation prinzipiell verwendet werden. Eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde wird generell empfohlen.

Tabelle 4: Spezifische Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe nach DIN 18196	Nicht bindige bis schwach bindige, grob- und gemischtkörnige Böden GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, SU
Schlammkornanteil ($d \leq 0.063$ mm)	≤ 10 (15) M. %
Ungleichförmigkeitszahl U	$U \geq 3$ für $D_{Pr} \geq 98$ % bzw. $U \geq 7$ für $D_{Pr} \geq 100$ %
Steinanteil ($d \geq 63$ mm)	≤ 10 M. %
Größtkorndurchmesser d_{max}	≤ 100 mm, in Abhängigkeit von der Schichtdicke
Glühverlust V_{GI}	≤ 3 M. %
Proctordichte p_{Pr}	≥ 1800 kg/m ³
Einbau und Verdichtung	lagenweise
Schütthöhe	je nach Verdichtungsgerät 20 - 40 cm
Wichte erdfeucht γ	18 – 21 kN/m ³
Scherwinkel ϕ_k'	$\geq 35^\circ$
Kohäsion c_k'	0 kN/m ²



Die Verdichtungsanforderung liegt bei 98% (97 %) der Proctordichte. Im Bereich vom Planum bis 1 m darunter sind $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu erreichen. Für Hinterfüllungen und unter Gründungssohlen wird generell $D_{Pr} \geq 100 \%$ gefordert.

Wiederverwertbarkeit der Aushubmassen (aus geotechnischer Sicht):

Die voraussichtlich als Aushubmaterial anfallenden Böden sind überwiegend feinkornreich und / oder organisch geprägt und erfüllen nicht die Anforderungen nach Tabelle 4. Die feinkornarmen bis feinkornfreien Sande und Kiese der Bodengruppen SI, SU und GU erfüllen prinzipiell die Anforderungen nach Tabelle 4 und könnten dadurch für geotechnische Zwecke wiederverwendet werden (chemische Unbedenklichkeit vorausgesetzt). Inwiefern eine Separierung der Aushubmassen möglich ist, ist planerseits zu bewerten.

Es wird darauf hingewiesen, dass für Bauwerkshinterfüllungen im Druckbereich von Eisenbahnverkehrslasten spezielle Anforderungen gelten. Bei der Gestaltung der Übergänge zwischen Erd- und Kunstbauwerk(en) sind die Vorgaben der Ril 836 zu beachten.

6 Gründungsempfehlungen

6.1 Allgemeines und Beurteilung der Baugrundverhältnisse

Laut den auszugsweise vorliegenden Planunterlagen [4] soll ein flachgegründetes Rahmenbauwerk ca. auf Höhenkote 570,3 mNN errichtet werden. (ca. 5,5 m unter SO). Entsprechend den vorliegenden Baugrundaufschlüssen würde die Gründungssohle innerhalb der teils organischen Deckschichten zu liegen kommen. Die Deckschichten stellen aufgrund der organischen Anteile sowie den festgestellten Konsistenzen nur einen sehr eingeschränkt tragfähigen und zu Setzungen neigenden Baugrund dar. Daher wird die Flachgründung einer elastisch gebetteten Bodenplatte erst nach Ausführung eines entsprechenden Bodenaustausches aus qualifiziertem Material möglich. Von einer Gründung auf Streifenfundamenten, wird aus gutachterlicher Sicht aus o. g. Gründen abgeraten.

Die Restmächtigkeit der organischen / organogenen Horizonte unterhalb der Gründungssohle beträgt im Baufeld bis zu 1,2 m. Sofern organogene / organische Horizonte anstehen sind diese vollständig bis zu dem unterlagernden Geschiebemergel auszutauschen. Die Mindeststärke des Austausches sollte dabei 50 cm nicht unterschreiten, um eine Vergleichmäßigung der Gründungssituation zu erreichen. Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der anstehenden Böden ist der einzubringende Bodenaustausch auch zur Gewährleistung der Begehrbarkeit des Arbeitsplanums erforderlich. Der Bodenaustausch kann für die offene Wasserhaltung herangezogen werden (Flächenfilter).

Als Bodenaustauschmaterial kann geeignetes, kornabgestuftes Material 0/32, 0/45 oder 0/54 mit max. 5 M.-% Feinkornanteil verwendet werden. Es wird empfohlen, hierfür die Bodengruppen GW oder GI vorzusehen.

Alternativ zu einer elastisch gebetteten Bodenplatte wäre die Ausführung einer Tiefgründung denkbar. Da eine Flachgründung in Form einer elastisch gebetteten Bodenplatte in Verbindung mit einem Bodenaustausch voraussichtlich zu wirtschaftlicheren Ergebnissen als eine Tiefgründung führt, wird erstgenannte Variante seitens der Unterzeichner empfohlen.



Für Tiefgründungen sind in dem anstehenden Baugrund sowohl gerammte Bohlträger, Mikropfähle als auch Bohrpfähle denkbar. Im Bereich der teils halbfesten Geschiebemergel ist, je nach Leistungsfähigkeit der verwendeten Geräte und Verfahrenstechnik, ein Einrammen von Bohlträgern nur mit entsprechenden Einbringhilfen möglich (z. B. Lockerungsbohrungen, Spülhilfen, Bodenaustauschbohrungen). Es wird empfohlen, eine entsprechende Ausschreibungsposition vorzusehen. Der im Liegenden aufgeschlossene Festgesteinshorizont (Süßwassermolasse) stellt ein massives Rammhindernis dar.

Die westlich anzuschließende Rampe (Trogbauwerk) sowie Stützwand (L-Steine) liegen im Verantwortungsbereich der Gemeinde und sind nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Aufgrund der organischen / organogenen Horizonte muss bei großflächigen Aufschüttungen (Auflasten) negative Mantelreibung in den organischen / organogenen Deckschichten sowie den überlagernden Auffüllungen berücksichtigt werden, die als zusätzliche Einwirkung auf die Pfähle / Träger zu berücksichtigen ist (siehe EA Pfähle). Die anzusetzenden Einwirkungen müssen in Rücksprache mit dem Bodengutachter festgelegt werden.

Die seitliche Herstellung und der Einschub eines Rahmenbauwerkes erfordern ebenfalls einen Austausch der organogenen / organischen Schichten mit qualifiziertem Material. Die organischen / organogenen Horizonte weisen nur eine sehr geringe Scherfestigkeit auf. Entsprechend ist bei flachgegründeten Verschubbahnen zwingend die kurzfristige Standsicherheit nachzuweisen. Aufgrund der geringen Tragfähigkeit der Verschubbahnen (auch mit Bodenaustausch) wird voraussichtlich der Einschub auf einer Verschubplatte oder eine Gründung der Verschubbahn auf Mikropfählen erforderlich (siehe Abschnitt 6.2.5).

Wasserzutritte im Baufeld beschränkten sich auf Stau-, Sicker- und Schichtenwasser. Der eigentliche Grundwasserleiter wurde nicht angetroffen.

Generell müssen bei deutlichen Abweichungen von den nachfolgend getroffenen Annahmen die tatsächlich zu erwartenden Setzungen mit Kenntnis der genauen Lasten im Rahmen der Ausführungsstatik unter Berücksichtigung der tatsächlichen Gründungstiefe, Bodenpressungen und verschiedenen Lastfälle berechnet werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind von einem Sachverständigen für Geotechnik in einem geotechnischen Entwurfsbericht zu bewerten.

In jedem Falle sind im Zuge der Bauausführung die Gründungssohlen durch den Baugrundsachverständigen abzunehmen.

In jedem Fall sind im Rahmen der Baumaßnahme entsprechende Standsicherheitsnachweise für verschiedene Bauzustände und den Endzustand zu führen.



6.2 Gründung der Eisenbahnunterführung

6.2.1 Bodenplatte (Vollrahmen)

Der zur Dimensionierung der Gründung erforderliche Bettungsmodul wurde in Abhängigkeit von der Bodenplattengeometrie (Breite, Länge), des Sohldrucks in der Gründungssohle sowie den resultierenden Setzungen ermittelt.

Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass die anstehenden organischen / organogenen Schichten vollständig entfernt wurden und durch qualifiziertes Bodenaustauschmaterial (siehe Kapitel 6.1) ersetzt werden. Die Mindeststärke des Bodenaustausches beträgt 50 cm. Die resultierenden Lasten aus dem Bauwerk und dem Verkehr wurden überschlägig ermittelt. Hierbei wurde die Aushubentlastung berücksichtigt.

Für die Verkehrslasten aus dem Eisenbahnbetrieb wurde gemäß Bild 2 der Ril 836.2001 ein vereinfachter Ansatz des Lastbildes LM 71 gewählt. Danach ist die Ersatzstreifenlast pro Gleis mit einer charakteristischen Spannungsordinate von

$$\sigma_{\text{vorh., Verkehr}} = 52 \text{ kN/m}^2$$

auf einer Breite von 3 m in einer 0,7 m unter SO liegenden Belastungsebene anzunehmen.

Für die Vorbemessung der Bodenplatte kann gemäß interner Setzungsberechnungen der in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgeführte Bettungsmodul angesetzt werden. Bei den Berechnungen wurde die bereits erfolgte Belastung des Untergrundes durch den Ansatz der Wiederbelastungsmoduln berücksichtigt. Die Gründungsfuge wurde mit 570,3 mNN (ca. 5,0 m unter GOK (BK 1) bzw. ca. 4,3 m unter GOK (BK 2)) angenommen.

Tabelle 5: Gründungsparameter Vollrahmen

Bauweise	Abmessungen Bodenplatte L x B (ca.) [m]	Max. charakteristische Pressung σ_k in der Gründungsfuge (abgeschätzt) [kN/m ²]	Stats. [cm]	Bettungsmodul $k_{s,k}$ [kN/m ³]
Vollrahmen	8,0 x 6,5	80	≤ 1,5	7.000

Die sich einstellenden Differenzsetzungen betragen bis zu 100 % der Absolutsetzungen. Aufgrund des bindigen Untergrundes stellen sich die Setzungen zeitverzögert ein. Im Zuge der Lastaufbringung werden ca. 30 % der Setzungen auftreten. Mit einem vollständigen Abklingen der Setzungen ist erst nach 1-2 Jahren zu rechnen.



6.2.2 Bohrpfahlgründung

Für Bohrpfähle / einbetonierte Träger nach DIN-EN 1997 bzw. DIN 1054 / EA Pfähle können die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten charakteristischen Werte für die Mantelreibung $q_{s,k}$ sowie den Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ zur Konstruktion der Widerstandssetzungslinie (Lockergestein) bzw. zur Ermittlung des Grenzwiderstandes der Tragfähigkeit (Fels) bei nicht vorliegender Pfahlprobelastung angesetzt werden.

Tabelle 6: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ bei Bohrpfählen nach EA Pfähle

Schicht	Lagerungs- dichte Konsistenz	Schicht-UK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m ²]	$q_{b,k}$ [MN/m ²]		
				s/D _s = 0,02	s/D _s = 0,03	s/D _s = 0,10 (~ s _g)
Auffüllungen / organische Deck- schichten	i. M. sehr locker - locker	~ 568,8	- 1,2)	- 1)	- 1)	- 1)
	weich - steif					
Geschiebemergel	weich-steif	~ 563,6	0,02	0,15	0,2	0,4
	steif(- halbfest)	~ 558,5	0,03	0,25	0,35	0,6
Süßwasser- molasse ³⁾	VE	-	~ 558,1 ⁴⁾	0,13	3,0	

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ Sofern negative Mantelreibung maßgebend sein sollte, dürfen keine Mantelwiderstände angesetzt werden. In diesem Fall sind in Rücksprache mit dem Bodengutachter zusätzliche Einwirkungen aus negativer Mantelreibung zu berücksichtigen.

³⁾ Einbindung in das Festgestein nur bedingt bzw. nicht möglich. Bei einer Auflagerung der Fertigrammpfähle auf dem Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

⁴⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Die in der Tabelle 6 genannten Werte gelten für Einzelpfähle. Weiterhin handelt es sich bei den angegebenen Werten um Grenzwerte, die nach DIN-EN 1997 bzw. DIN 1054 / EA Pfähle mit entsprechenden Sicherheiten abzumindern sind. Die Mindesteinbindetiefe in die tragfähige Schicht beträgt 2,5 m.

Hinsichtlich der Berücksichtigung von Pfahlgruppen wird auf die EA-Pfähle verwiesen.

Sollen Horizontalkräfte über Biegung abgeleitet werden, so ist die seitliche Bettung zu berücksichtigen. Die Bestimmung der Bettungsmodulverteilung im Baugrund richtet sich nach den aktuellen Normen (z. B. DIN-EN 1997 bzw. DIN 1054) sowie im Weiteren nach den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien (EA Pfähle, EAB) und anerkannten Fachliteratur (z. B. Grundbau-Taschenbuch) in der jeweils aktuellen Fassung.



6.2.3 Mikropfähle

Für die Bemessung und Ausführung von verpressten Mikropfählen gilt die DIN-EN 1997, EA Pfähle, DIN 4128, DIN 1054 bzw. DIN EN 14199. Die zulässige Pfahlbelastung ist aufgrund von Probelastungen festzulegen. Die Probelastungen sollen mindestens an zwei Pfählen, jedoch wenigstens an 3% aller Pfähle durchgeführt werden. Werden Bauwerkspfähle als Probepfähle verwendet, so ist nachzuweisen, dass sie unter der Prüflast keine Verringerung ihrer Tragfähigkeit erleiden.

Die Vorbemessung verpresster Mikropfähle ($D_s \leq 0,30$ m) kann auf Grundlage der in der Tabelle 7 aufgeführten Pfahlmantelreibungswerte erfolgen.

Tabelle 7: Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für verpresste Mikropfähle nach EA Pfähle

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	Schicht-UK [mNN]	Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen / organische Deckschicht	i. M. sehr locker / weich-steif	~ 568,8	- ^{1,2)}
Geschiebemergel	weich-steif	~ 563,6	- ^{1,2)}
	steif(-halbsteif)	~ 558,5	0,06
Süßwassermolasse	VE	~ 558,1 ³⁾	0,22

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ Sofern negative Mantelreibung maßgebend sein sollte, dürfen keine Mantelwiderstände angesetzt werden. In diesem Fall sind in Rücksprache mit dem Bodengutachter zusätzliche Einwirkungen aus negativer Mantelreibung zu berücksichtigen.

³⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Die zulässigen Mantelreibungswerte ergeben sich nach Teilung des Grenzmantelreibungswertes durch die zugehörigen Sicherheitsbeiwerte nach DIN-EN 1997 und DIN 1054. Durch Probelastungen können die o. a. Werte vermutlich noch erhöht werden.

6.2.4 Gerammte Bohlträger

Auf Grundlage der EA Pfähle (2. Auflage) dürfen für gerammte Bohlträger im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Werte der Tabelle 8 für Mantelreibung und Spitzenwiderstand angesetzt werden.



Tabelle 8: Charakteristische Werte für Spitzendruck $q_{b,k}$ Mantelreibung $q_{s,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Schicht-UK [mNN]	Lagerungs- dichte Konsistenz	$q_{s,k}$ [MN/m ²] ²⁾		$q_{b,k}$ [MN/m ²] ²⁾	
			S_{sg}^*	$S_{sg} = S_g = 0,1 D_{eq}$	$s/D_{eq} = 0,035$	$s/D_{eq} = 0,100$
Auffüllungen / organische Deckschicht	~ 568,8	i. M. sehr locker / weich-steif	- ^{1,2)}	- ^{1,2)}	- ^{1,2)}	- ^{1,2)}
Geschiebemergel	~ 563,6	weich-steif	- ^{1,2)}	- ^{1,2)}	- ^{1,2)}	- ^{1,2)}
	~ 558,5	steif(-halbsteif)	0,2	0,2	0,25	0,4
Süßwasser-molasse ³⁾	VE	~ 558,1 ⁴⁾	-	0,1	7,6	

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ Sofern negative Mantelreibung maßgebend sein sollte, dürfen keine Mantelwiderstände angesetzt werden. In diesem Fall sind in Rücksprache mit dem Bodengutachter zusätzliche Einwirkungen aus negativer Mantelreibung zu berücksichtigen.

³⁾ Einbindung in das Festgestein nur bedingt bzw. nicht möglich. Bei einer Auflagerung der Fertigrammpfähle auf dem Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

⁴⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Der Ansatz o. g. Werte setzt ein Einrammen der Profile voraus. Werden die Pfähle eingerüttelt, müssen die o. g. Grenzwerte wiederum auf 75 % abgemindert werden. Weiterhin handelt es sich bei den angegebenen Werten um Grenzwerte, die nach DIN 1054 mit entsprechenden Sicherheiten abzumindern sind.

Die Mindesteinbindung in die tragfähige Schicht gem. EA Pfähle ist zu beachten. Hinsichtlich ansetzbarer Fläche und Modellfaktoren wird desgleichen auf die EA Pfähle hingewiesen.

Je nach Einbringverfahren und –gerät kann es erforderlich werden, ab einer bestimmten Tiefenlage vorzubohren. Innerhalb vorgebohrter Bereiche müssen die Widerstände abgemindert werden.

6.2.5 Verschubbahn

Die Verschubbahn kommt entsprechend den vorliegenden Erkundungsergebnissen innerhalb der Auffüllungen bzw. der organischen / organogenen Deckschicht zu liegen. Diese ist nur sehr eingeschränkt tragfähig. Durch Anordnung eines Bodenaustausches unterhalb der Verschubbahn kann theoretisch ein flachgegründeter Einschub ermöglicht werden. Da die erzielbaren Widerstände jedoch nur sehr gering sind, wird voraussichtlich die Gründung der Verschubbahnen auf Mikropfählen oder einer Verschubplatte erforderlich.



Die Streifenfundamente der Verschubbahnen können nach Austausch der organischen / organogenen Horizonte unterhalb der Verschubbahn auf Grundlage interner Setzungs- und Grundbruchberechnungen mit Hilfe der in der nachfolgenden Tabelle 9 im Sinne des EC 7 angeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ dimensioniert werden. Die Breite der Fundamente wurde zwischen 1,0 m und 3,0 m und die Einbindetiefe zwischen 0,0 und 0,2 m variiert. Der Mindeststärke des Bodenaustausches beträgt 50 cm.

Tabelle 9: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes der Streifenfundamente $\sigma_{R,d}$

Fundamentbreite (m)	d [m]	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] für $s \leq 1$ cm ¹⁾	0,0	100 ²⁾	160 ²⁾	200 ²⁾	230 ²⁾	270 ²⁾
$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] für $s \leq 1$ cm ¹⁾	0,2	150 ²⁾	200 ²⁾	240 ²⁾	270 ²⁾	300 ²⁾

¹⁾ Setzungen bei sehr kurzfristiger Einwirkung (< 1 d)

²⁾ Grundbruch maßgebend

Zwischenwerte, die nicht in der Tabelle 9 ausgewiesen sind, können linear interpoliert werden. Eine Extrapolation ist nicht zulässig.

Es wird angezeigt, dass die in der Tabelle 9 angegebenen Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes im Sinne des EC 7 zu interpretieren sind und für effektive Fundamentbreiten (b bzw. $b' = b - 2e$) und vertikal, mittig belastete Fundamente (Bemessungssituation BS-T) gelten. Eine Erhöhung der o. g. Werte ist nicht zulässig.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den genannten Werten nicht um die aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11 handelt. Die zulässigen Bodenpressungen können durch Division mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen ermittelt werden. Die sonstigen Nachweise (Gleiten, Kippen, usw.) sind auf der Grundlage der bodenmechanischen Kennwerte in Tabelle 2 sowie der Schichtenfolge in der Anlage 4 bzw. 5 durch den Tragwerksplaner zu erbringen.

Die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes sind aufgrund der gering scherfesten Böden im Bereich der Deckschicht gering. Sofern diese Werte nicht ausreichen, könnte eine Verschubplatte (nach vollflächigem Bodenaustausch) vorgesehen oder Mikropfähle unter den Verschubbahnen angeordnet werden. Für die Verschubplatte kann im Rahmen der Vorbemessung ein Bettungsmodul von $k_{s,k} = 5.000 \text{ kN/m}^3$ angesetzt werden. Angaben zu Mikropfählen können Abschnitt 6.2.3 entnommen werden.

7 Ausführungshinweise

7.1 Frei geböschte Baugrubenwände

Aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse sind frei geböschte Baugrubenwände voraussichtlich nicht möglich. Der Vollständigkeit halber werden entsprechende Angaben dennoch aufgeführt.



Für frei geböschte Baugrubenwände gilt grundsätzlich die DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau. Unbelastete Kurzzeitböschungen oberhalb des GW-Spiegels bis 5 m Höhe können wie nachfolgend beschrieben geböscht werden. Die Voraussetzungen der DIN 4124 sind zu beachten. Bei den im Plangebiet anstehenden Böden sind Baugrubenböschungen unter einer Neigung von

Nichtbindige oder weiche bindige Böden $\beta \leq 45^\circ$

Mindestens steife bindige Böden $\beta \leq 60^\circ$

anzulegen. Für die organischen bzw. organogenen Böden mit ihren geringen Scherfestigkeiten gelten o. g. Grenzwerte nicht. Hier sind gesonderte Standsicherheitsnachweise zu führen (s. u.).

Ist damit zu rechnen, dass die Standsicherheit einer nicht verbauten Wand durch Wasser, Trockenheit, Frost oder Ähnliches gefährdet ist, so sind entweder die freigelegten Flächen gegen derartige Einflüsse zu sichern (Abdecken mit Folie o. ä.) oder die Wandhöhe bzw. die Böschungsneigung entsprechend zu verringern. Ab 3 m Böschungshöhe sollte eine Zwischenberme von mind. 1,0 m Breite vorgesehen werden. Für aufgeweichte Schichten (breiig-weiche Konsistenz oder schlechter sowie organogene bzw. organische Böden) werden deutlich flachere Böschungsneigungen erforderlich. Höhere, steilere bzw. belastete Böschungen müssen entsprechend gesichert und rechnerisch nachgewiesen werden. Die Sicherung kann z. B. durch eine verankerte/vernagelte Spritzbetonschale erfolgen. Alternativ ist eine deutliche Abflachung der Böschungen auf 1 : 2 und flacher möglich.

Für temporäre Gleissicherungsmaßnahmen sind für das Abböschen die Bereichsgrenzen der nachfolgenden Abbildung einzuhalten (Bild 1, Modul 4305, Ril 836):

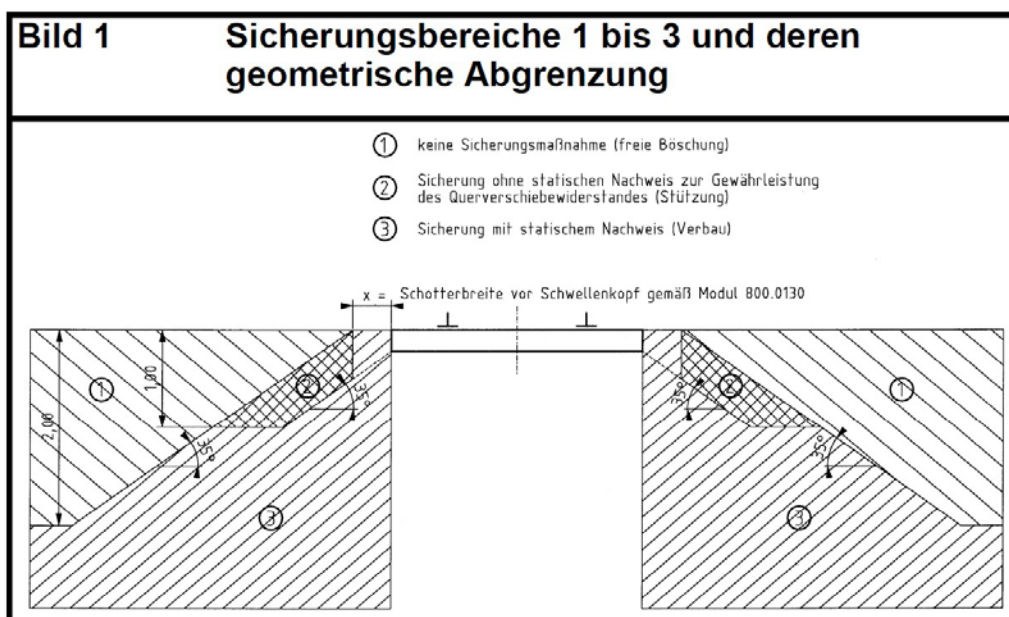


Abbildung 1: Sicherungsbereiche 1 bis 3 und deren geometrische Abgrenzung



Die Anwendung der Bereichsbegrenzungen nach Abbildung 1 ist mit geotechnischen und sonstigen Randbedingungen verknüpft, die einzuhalten sind. So müssen innerhalb des Einflussbereiches der Abgrabung mindestens mitteldicht gelagerte nichtbindige Böden oder mindestens steife bindige Böden anstehen.

Werden die Randbedingungen nicht eingehalten sind Standsicherheitsnachweise zu führen. Ggf. werden dann zusätzliche Stützkonstruktionen erforderlich.

Für die Bereiche, in denen keine Sicherungsmaßnahmen erforderlich sind, ist eine freie Böschung möglich (z. B. Bereich 1 der Abbildung 1).

7.2 Verbau

7.2.1 Allgemeines

Die zur Berechnung des auf die Verbauwand wirkenden Erddruckes notwendigen bodenmechanischen Kenngrößen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Die Verbauwand ist entsprechend der statischen Erfordernisse zu bemessen. Es wird auf die einschlägigen Vorschriften und Empfehlungen (EC 7 – DIN-EN 1997, DIN 1054, EAB, Fachbuch „Baugruben“ von Weißenbach und Hettler usw.) verwiesen. Die horizontale Bettung der Verbauträger kann entsprechend den Angaben der EAB (EB102) berechnet werden. Zur Kontrolle müssen die berechneten seitlichen Bodenpressungen mit dem abgeminderten Erdwiderstand verglichen werden.

In dem anstehenden Baugrund sind sowohl Spundwände, Trägerbohlwände als auch Bohrpfähle denkbar. Im Bereich der teils halbfesten Geschiebemergel, die auch Steineinlagerungen aufweisen können, ist ein Einrammen der Profile nur mit entsprechenden Einbringhilfen möglich (z. B. Lockerungsbohrungen, Spülhilfen, Bodenaustauschbohrungen). Es wird empfohlen, eine entsprechende Ausschreibungsposition vorzusehen. Der im Liegenden aufgeschlossene Festgesteinshorizont stellt ein massives Rammhindernis dar.

Der Grundwasserspiegel wurde nicht aufgeschlossen. Mit Schichtwasserzutritten in variierender Tiefenlage ist zu rechnen.

Eine sorgfältige Planung und Bemessung des Verbaus und anderer temporärer Bauhilfskonstruktionen wird angezeigt. Die EAB (Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“) sind zu beachten.

Aufgrund der Nähe zu den bahnbetrieblichen Anlagen sowie Straße sollte ein verformungsarmer Verbau (z.B. Bohrpfahlwand) gewählt werden. Zur Reduzierung der Verformungen wird empfohlen, den Verbau mindestens auf den erhöhten aktiven Erddruck $E = (E_o + E_a)/2$ zu bemessen. Darüber hinaus können die Verformungen durch die Wahl biegesteifer Profile oder Aussteifungen verringert werden.

Zur Vermeidung von Verformungen und Schäden an den Gleisanlagen und der Bestandsbebauung wird der Einsatz eines erschütterungsarmen Verfahrens empfohlen. Dabei wird insbesondere auf die teils sehr locker (– locker) gelagerten Schichten hingewiesen (Sackungspotential). Auf die Beachtung von DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“) wird hingewiesen.



Aufgrund der organischen / organogenen Horizonten muss bei großflächigen Aufschüttungen (Auflasten), oder Grundwasserabsenkungen negative Mantelreibung in den Auffüllungen sowie organischen / organogenen Horizonten berücksichtigt werden, die als zusätzliche Einwirkung zu berücksichtigen ist (siehe EA Pfähle). Die anzusetzenden Einwirkungen müssen in Rücksprache mit dem Bodengutachter festgelegt werden.

Zum Nachweis der Vertikalkräfte können die in den nachfolgenden Abschnitten angegebenen Grenzwerte für Mantelreibung und Spitzenwiderstand angesetzt werden. Zur Ermittlung des entsprechenden Gebrauchswertes muss der Sicherheitsbeiwert berücksichtigt werden.

7.2.2 Spundwände

In Anlehnung an die EAB (5. Auflage, A10) dürfen für gerammte Spundwände im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Mantelreibung und Spitzenwiderstand die Widerstände der Tabelle 10 angesetzt werden.

Tabelle 10: Charakteristische Werte für Spitzendruck $q_{b,k}$ Mantelreibung $q_{s,k}$ in Anlehnung an die EAB für Spundwände

Schicht	Schicht-UK [mNN]	Lagerungsdichte / Konsistenz	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen / organische Deckschicht	~ 568,8	i. M. sehr locker / weich-steif	- ^{1,2)}	- ¹⁾
Geschiebemergel	~ 563,6	weich-steif	- ^{1,2)}	- ¹⁾
	~ 558,5	steif(-halbfest)	0,01	0,6
Süßwassermolasse ³⁾	~ 558,1 ⁴⁾	VE	0,04	15

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ Sofern negative Mantelreibung maßgebend sein sollte, dürfen keine Mantelwiderstände angesetzt werden. In diesem Fall sind in Rücksprache mit dem Bodengutachter zusätzliche Einwirkungen aus negativer Mantelreibung zu berücksichtigen.

³⁾ Einbindung in das Festgestein nur bedingt bzw. nicht möglich. Bei einer Auflagerung des Verbaus auf dem Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

⁴⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Der Ansatz o. g. Werte setzt ein Einrammen der Profile voraus. Werden diese eingerüttelt, müssen die o. g. Grenzwerte wiederum auf 75 % abgemindert werden. Weiterhin handelt es sich bei den angegebenen Werten um Grenzwerte, die nach DIN 1054 mit entsprechenden Sicherheiten abzumindern sind.

Hinsichtlich ansetzbarer Fläche und Modellfaktoren wird auf die EAB und EA Pfähle hingewiesen.



Bei der Wahl des Profils sollte neben dem statischen Erfordernis ebenfalls die Kopfverformung und auch der Lastfall „Einbringen“ berücksichtigt werden und gegebenenfalls ein steiferes Profil als statisch nötig gewählt werden. Die notwendige Einbindetiefe der Verbauwand ist nach statischem Erfordernis zu bestimmen.

Üblicherweise werden bei der Ausführung Doppelbohlen gerammt. Sofern die erforderliche Rammarbeit für das Einbringen auf Solltiefe nicht aufgebracht werden kann, sind ggf. Einzelbohlen zu rammen, was bei der Kalkulation und Ausschreibung zu berücksichtigen ist.

Es ist auf einen kraftschlüssigen Verbund der Gesamtkonstruktion mit dem anstehenden Baugrund zu achten.

Beim Ziehen der Verbauelemente ist zu berücksichtigen, dass im Untergrund keine unzulässigen Hohlräume verbleiben, die zu späteren Setzungen an der Geländeoberfläche führen. Die Verbindung zwischen Füllboden und Grabenwand muss unabhängig von der Verbauart sichergestellt sein. Es darf keine „klaffende Fuge“ zurück bleiben: Der durch das Ziehen der Verbauelemente entstehende Spalt ist mit dem Ziehen zu Verpressen oder die Verbauelemente müssen im Untergrund verbleiben, wenn entsprechende Verformungen nicht bewusst in Kauf genommen werden.

7.2.3 Gerammte Bohlträger

Angaben zu gerammten Bohlträgern können Abschnitt 6.2.4 entnommen werden.

7.2.4 Bohrpfähle / Bohrträgern

Angaben zu Bohrpfählen können Abschnitt 6.2.4 entnommen werden.

7.3 Rückverankerung

Tragfähige Horizonte zur Rückverankerung stehen erst in größerer Tiefe in Form des wenigstens steifen Geschiebemergels (unterhalb 563,6 mNN) bzw. des Festgesteins an. Für eine oberflächennahe Rückverankerung können diese Horizonte nicht herangezogen werden. Es wird daher empfohlen Baugruben bei Bedarf auszusteifen.

7.4 Hilfsbrücken

Die neu zu errichtende Unterführung soll seitlich hergestellt und anschließend eingeschoben werden. Hilfsbrücken werden voraussichtlich nicht erforderlich. Der Vollständigkeit halber werden hierzu Angaben gemacht.

Aus geotechnischer Sicht sollte die Auflagerung der Hilfsbrücken entweder auf dem Baugrubenverbau oder gesondert abgesetzten Bohrpfählen / Bohlträgern erfolgen. Hinsichtlich der ansetzbaren Widerstände ist Kapitel 7.2 zu beachten. Bei Absetztiefen unterhalb der Erkundungsgrenztiefen wird eine Nacherkundung erforderlich.



Die Auflagerung der Querträger/Hilfsbrücken kann auf den entsprechend platzierten Pfählen / Trägern erfolgen. Der Verbau wäre in diesem Fall relativ großen Horizontalkräften ausgesetzt, für die dieser bemessen sein muss. Hierdurch werden ggf. entsprechende Aussteifungen bzw. zusätzliche Ankerlagen erforderlich. Eine sorgfältige Planung und Bemessung des Verbaus und anderer temporärer Bauhilfskonstruktionen wird angezeigt. Die EAB (Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“) sowie EA-Pfähle (Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“) sind zu beachten.

7.5 Wasserhaltung

Das Bauwerk wird entsprechend den Angaben in Kapitel 4.8. weder im Bau- noch im Endzustand vom Grundwasser beeinflusst. Sickerwasserzutritte sind jedoch zu erwarten. Die Wasserhaltung beschränkt sich somit auf die Ableitung anfallenden Tagwassers in Form von Schichten-, Sicker- und Niederschlagswassers. Hierfür ist eine filterstabil ausgeführte offene Wasserhaltung ((Dräagen, Flächenfilter, evtl. Pumpensümpfe) erforderlich.

8 Hinweise zur Bauausführung

- Bei sämtlichen Baumaßnahmen ist als wesentliche Randbedingung zu berücksichtigen, dass voraussichtlich die Forderung nach einer nahezu ständigen Aufrechterhaltung des Bahnverkehrs besteht.
- Es muss damit gerechnet werden, dass die im Einflussbereich des BV gelegenen Gleise (mehrfach) nachgestopft werden müssen.
- Bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahme sind die Platzverhältnisse, Leitungen, die vorhandene Bebauung etc. zu berücksichtigen. Es sind Bauverfahren zu wählen, die ein Minimum an Beeinträchtigungen für die Bebauung und Umwelt erwarten lassen.
- Falls im Einwirkungsbereich der Baumaßnahmen gefährdete Bauwerke, Leitungen, etc. vorhanden sind, sollte vor und nach den Bauarbeiten eine Beweissicherung durchgeführt werden, um vorhandene „alte“ Schäden von „neuen“ Schäden abgrenzen zu können und begründeten Ansprüchen der Anlieger oder Dritter gerecht zu werden. Bei Bedarf sind auch Erschütterungsmessungen vorzusehen.
- Die Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind den jeweiligen Verhältnissen anzupassen. Der Aushub/Abtrag ist möglichst rückschreitend und der Materialeinbau „vor Kopf“ vorzunehmen. Die freigelegte Fläche ist unmittelbar im Anschluss vor Witterungseinflüssen zu schützen, was durch den Einbau von Frostschutzschichtmaterial (Planum) oder einer Sauberkeitsschicht (Fundamentsohle) erfolgen kann.
- Um beim Aushub eine Auflockerung der Gründungssohle zu vermeiden, ist ein Bagger mit zahlosem Löffel für die Endprofilierung einzusetzen.
- Zwischengelagerte, einzubauende Erdstoffe sind so zu lagern bzw. zu behandeln, dass ein günstiger Einbauwassergehalt beibehalten oder erreicht wird.
- Die nach dem Aushub aufgelockerte Gründungssohle ist ordnungsgemäß nachzuverdichten.



- Bindig geprägte gemischt- und feinkörnige Böden auf Höhe der Aushubsohle sind lediglich statisch abzuwalzen, da es bei vibrierend arbeitenden Geräten i.a. zur Bildung von Porenwasserüberdrücken kommt, durch die das Tragverhalten des Bodens temporär empfindlich herabgesetzt wird.
- Der Aushubhorizont bzw. jede Schüttlage ist unmittelbar zu verdichten und mit ausreichend Quergefälle herzustellen. Sämtliche Arbeiten sind durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen.
- Alle unterschiedlichen Materialien sind, falls erforderlich, filterwirksam durch ein Geotextil zu trennen.
- Arbeitsräume und Schüttungen müssen mit Ersatzboden nach Tabelle 4 verfüllt bzw. hergestellt und ausreichend verdichtet werden.
- Während der Erdarbeiten ist besonders auf Witterungseinflüsse und dadurch bedingte Wassergehaltsänderungen der Erdstoffe zu achten.
- Zur Kontrolle der Verdichtung sind Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen vorzusehen.
- Es wird empfohlen, die Erdarbeiten bei nasser Witterung oder Frost zu unterbrechen.
- Generell wird die Abnahme der Gründungssohle (Kontrolle der Baugrundverhältnisse) bzw. die Überwachung von Auffüllarbeiten durch das unterzeichnende Büro empfohlen.
- Grundsätzlich ist die DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“) zu beachten. Bei ungünstigen Randbedingungen und sensiblem Umfeld ist gegebenenfalls die Einhaltung der im Teil 3 der DIN 4150 angegebenen Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten durch Erschütterungsmessungen zu überprüfen.
- Bei der Durchführung der Arbeiten sind u. a. die Anforderungen der DIN-EN 1997, ZTVE-StB 09, DIN 1054, ZTVA-StB 04/07, EAB, EA Pfähle sowie der jeweils gültigen Normen (DIN EN 1536, DIN 4124, Ril 836 usw.), Vorschriften und Richtlinien (auch der Deutschen Bahn AG) zu beachten.

9 Umwelttechnische Untersuchungen

9.1 Vorgang

Im Zuge der Baumaßnahmen fällt Aushubmaterial in Form von Boden an, das es zu entsorgen gilt (Verwertung oder Beseitigung). Dazu sind umwelttechnische Beprobungen sowie chemoanalytische Untersuchungen zur Bestimmung der Schadstoffbelastung und Beurteilung unter umweltrelevanten sowie abfallrechtlichen Gesichtspunkten erforderlich. Daher wurden umwelttechnische Untersuchungen des im Baubereich angetroffenen Bodens vorgenommen und im Weiteren abfallrechtlich bewertet.

Das Ziel der umwelttechnischen Untersuchungen ist es, dem Auftraggeber / Bauherrn einen grundsätzlichen orientierenden Überblick über die Belastungssituation und das Gefährdungspotential für Schutzgüter in den von der Baumaßnahme betroffenen Bereichen bzw. für das zu entsorgende Material zu liefern sowie eine orientierende Deklaration des Aushubmaterials vorzunehmen.



9.2 Unterlagen und Vorschriften

Die Durchführung der Feldarbeiten (Probenahmen und Mischprobenbildungen) und im Weiteren die chemoanalytischen Untersuchungen sowie die Erstellung der vorliegenden abfallrechtlichen Stellungnahme stützen sich auf die allgemein anzuwendenden sowie die für Baden-Württemberg gültigen Vorschriften, Richtlinien und Regelwerke.

9.3 Probenahme und Untersuchungsumfang

Die Beprobung des Aushubmaterials erfolgte im Rahmen der baugrundtechnischen Erkundungsmaßnahmen gemäß den bundesweit bzw. in Baden-Württemberg geltenden Vorschriften und Richtlinien unter Berücksichtigung der DIN 4021/4022 sowie in Anlehnung an die LAGA PN 98 durch fachkundiges Personal der IBES Baugrundinstitut GmbH.

Die Anzahl der Erkundungspunkte sowie die herzustellenden Mischproben für diese Rückbau- und Aushubmaterialien ergaben sich aus Vorgaben des Auftraggebers/Bauherrn, dem auf der Rück- und Neubauplanung basierenden Baugrunderkundungsumfang sowie der vorgefundenen Ortssituation in den relevanten Baubereichen. Aufschluss- und Entnahmepunkte sowie die angetroffenen Ortsverhältnisse sind den Anlagen 1 bis 5 zu entnehmen.

Bei der Beprobung unter umwelttechnischen Gesichtspunkten wurden aus dem Schurf-/Bohrgut schichtbezogene, gestörte Einzelproben von den aufgefüllten und den natürlich anstehenden Böden entnommen. Anschließend wurden, entsprechend der angetroffenen Ortssituation und den zu beantwortenden Fragestellungen, insgesamt vier Mischproben aus dem aufgefüllten und gewachsenen Bodenmaterial (BMP 1 - 4) zusammengestellt. In der folgenden Tabelle 11 sind die Proben zusammenfassend aufgelistet.

Tabelle 11: Untersuchte Proben

Entnahmebereich	Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Tiefenbereich (m. unter Bohrsatzpunkt)	Analysen-Nr.
Boden - Auffüllungen	BMP 1	BK 1	0,00-0,40-3,60-4,15-4,70	16P50338
	BMP 2	BK 2	0,20-0,70-1,30-2,00	16P50339
Boden – Gewachsener Baugrund	BMP 3	BK 1	4,70-4,90-6,50-8,00	16P50340
		BK 2	2,00-2,15-2,60-3,05-3,30-3,45-3,80-4,00-4,70-5,35-6,80	
Boden - Auffüllungen	BMP 4	BS 1	0,15-0,65-1,80-4,70	16P50341
		BS 2	0,00-0,25-1,00	

Die chemoanalytischen Untersuchungen erfolgten in der Zeit vom 10.09.2016 bis 04.10.2016. Das Bodenmaterial wurde gemäß LAGA - TR (Boden) untersucht.



9.4 Ergebnisse und Bewertung des Bodenmaterials

Das aufgefüllte Bodenmaterial wies teils deutliche organoleptische Auffälligkeiten in Form von z.B. Schlacke, Betonbruchstücken und Ziegelschutt auf. Organoleptische Auffälligkeiten des gewachsenen Baugrunds wurden nicht festgestellt. Das Bodenmaterial wies zumeist keinen oder einen nur schwach erdigen Geruch auf.

Für die abfallrechtliche Einstufung ist das untersuchte Bodenprobenmaterial gemäß seiner Korngrößenverteilung auf seine Hauptbodenart zu definieren. Anhand der Bodenansprache werden die Bodenmischproben BMP 1, BMP 2 und BMP 4 als Sand (S) sowie die Mischprobe BMP 3 als Ton (T) eingestuft.

Die Ergebnisse der chemoanalytischen Untersuchungen des Bodenmaterials sind in den Tabellen 12 bis 15 dargestellt bzw. der Anlage 7 zu entnehmen. Die in den Tabellen nicht aufgeführten Parameter liegen mit ihrer Stoffmengenkonzentration unter dem Zuordnungswert Z0 bzw. unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze und sind dementsprechend für die Einstufung bedeutungslos.

Die Einstufung in Deponieklassen erfolgt vorbehaltlich der Ergebnisse weiterer zu analysierender Parameter.

Tabelle 12: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 1, Sand

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbauklasse	Deponieklasse	Gefahrezuordnung
Nickel	Feststoff	mg/kg	19,40	Z0*IIIA	(DK 0)	nicht gefährlich
Quecksilber	Feststoff	mg/kg	0,39	Z0*IIIA	(DK 0)	nicht gefährlich

Maßgebende Einstufung: Einbauklasse Z0*IIIA (nicht gefährlicher Abfall)
Deponieklasse (DK 0)

Tabelle 13: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 2, Sand

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbauklasse	Deponieklasse	Gefahrezuordnung
Chrom ges.	Feststoff	mg/kg	40,90	Z0*IIIA	(DK 0)	nicht gefährlich
Nickel	Feststoff	mg/kg	40,40	Z0*IIIA	(DK 0)	nicht gefährlich
Quecksilber	Feststoff	mg/kg	0,22	Z0*IIIA	(DK 0)	nicht gefährlich

Maßgebende Einstufung: Einbauklasse Z0*IIIA (nicht gefährlicher Abfall)
Deponieklasse (DK 0)

Das Bodenmaterial kann bei hydrogeologisch ungünstigen Verhältnissen auch in Wasserschutzgebieten der Schutzzone IIIA für bodenähnliche Anwendungen und Verfüllungen verwendet werden. Die bodenmechanische Eignung ist zu beachten.

**Tabelle 14: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 3, Ton**

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbauklasse	Deponieklasse	Gefahrsuordnung
Alle	Feststoff + Eluat	-	Z0	Z0	(DK 0)	nicht gefährlich

Maßgebende Einstufung: Einbauklasse Z0 (nicht gefährlicher Abfall)
Deponieklasse (DK 0)

Eine uneingeschränkte Verwertung, auch am Anfallort, ist bei bodenmechanischer Eignung in offener Bauweise möglich.

Tabelle 15: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 4, Sand

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbauklasse	Deponieklasse	Gefahrsuordnung
Quecksilber	Feststoff	mg/kg	1,72	Z2	(DK 0)	nicht gefährlich
Nickel	Feststoff	mg/kg	19,20	Z0*IIIA	(DK 0)	nicht gefährlich

Maßgebende Einstufung: Einbauklasse Z2 (nicht gefährlicher Abfall)
Deponieklasse (DK 0)

Eine Verwertung ist nur in Bauwerken mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (z.B. Kernbauweise) und bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen möglich. Die bodenmechanische Eignung ist zu beachten. Bei der zuständigen Behörde ist der Wiedereinbau zu beantragen.

In der folgenden Tabelle 16 sind für das untersuchte Bodenmaterial die einstufigsrelevanten Parameter, die sich daraus ergebenden Einbau-/Deponieklassen sowie die Abfalleinstufung nach AVV tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 16: Zusammenfassung der relevanten Untersuchungsergebnisse

Probenbezeichnung	Maßgebende Parameter	Einbauklasse/Deponieklasse	Gefahrsuordnung	Abfallschlüssel nach AVV und Bezeichnung
BMP 1	Nickel, Quecksilber	Z0*IIIA / (DK 0)	nicht gefährlich	17 05 04 - Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen
BMP 2	Chrom, Nickel, Quecksilber	Z0*IIIA / (DK 0)		
BMP 3	Alle	Z0 / (DK 0)		
BMP 4	Quecksilber	Z2 / (DK 0)		



Für die Entsorgung des Aushubmaterials auf eine Deponie oder sonstige Entsorgungsanlage sind eventuell weitere ergänzende Parameterbestimmungen, die deponie- bzw. anlagenspezifisch von der zuständigen Abfallbehörde oder Deponie festgelegt sind, notwendig. Diese weiteren zu analysierenden Parameter sind rechtzeitig vor der Entsorgung beim Anlagenbetreiber zu erfragen und zu beauftragen.

Für nicht gefährlichen Abfall bestehen bei einer Entsorgung keine Nachweispflichten. Der Entsorger hat lediglich ein Register gemäß Nachweisverordnung zu führen.

9.5 Gefährdungspotential und Empfehlungen

Wird schadstoffhaltiges Aushubmaterial der Einbauklasse Z2 nach dem Ausbau nicht sofort abgefahren, ist es auf einer PE-Folie und mit Folie abgedeckt oder in Muldencontainern mit Deckel oder mit Folienabdeckung zu lagern, um Beeinträchtigungen von Schutzgütern zu vermeiden. Eine Zwischenlagerung außerhalb der Baustelle bedarf i. d. R. einer Genehmigung nach dem Immissionsschutzrecht. Unabhängig davon sind grundsätzlich Flächen oder Aufhaldungen mit freiliegendem schadstoffhaltigem Material zu vermeiden bzw. es ist bei längeren Unterbrechungen des Rückbaus oder Aushubes witterungsbeständiges Abdeckmaterial aufzubringen.

Des Weiteren hat entsprechend der unterschiedlichen Materialchargen und Einbauklassen der gesamte Entsorgungsprozess getrennt zu erfolgen (Durchmischungsverbot).

9.6 Empfehlungen für die Ausschreibung

Verwertung von Bodenaushub

Grundsätzlich sollte die Verwertung des Aushubmaterials der Einbauklassen Z0 bis Z2 angestrebt und auf eine Entsorgung auf Deponien verzichtet werden (Ressourcenschonung, Schonung von Deponieraum, Reduzierung der Entsorgungskosten), sofern diese Böden unter bodenmechanischen Gesichtspunkten in technischen Bauwerken oder in bodenähnlichen Anwendungen verwertbar sind. Falls diese Aushubmaterialien nicht für die hier betroffene Baumaßnahme verwertet werden können bzw. sollen, wird empfohlen, dieses Material im LV zur Off-Site-Verwertung außerhalb von Deponien auszuschreiben. In diesem Fall werden keine weiteren Analysen auf Zusatzparameter gemäß DepV erforderlich und auch die Regelung, dass für jeweils 250 m³ / 500 t Aushubmaterial eine komplette Deklarationsanalytik vorzulegen ist, entfällt. Der Verwertungsweg bzw. die Verwertungsstelle ist vom Auftragnehmer anzugeben.

Will der Auftragnehmer geo- und umwelttechnisch verwertbare Aushubmaterialien trotzdem auf einer Deponie entsorgen, dann wird empfohlen, dass dieser die zusätzlich erforderlich werdenden Beprobungen und deponiespezifischen Analysen auf eigene Kosten zu veranlassen hat. Diese Beprobungen und Analysen sollten dann auf jeden Fall durch den Bauherren bzw. dessen sachkundigen Vertreter, durchgeführt werden.



Entsorgung von Bodenaushub auf einer Deponie

Kann das Aushubmaterial nicht in technischen Bauwerken oder zu bodenähnlichen Anwendungen verwertet werden, ist es auf einer Deponie zu entsorgen. Dieses ist dann auf Grundlage der durchgeführten Analysen im LV als Aushubmaterialien (Boden,) zur Entsorgung auf einer Deponie auszuscheiden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass je 250 m³ / 500 t zu entsorgendem Aushubmaterial eine komplette Deklarationsanalytik gemäß LAGA-TR erforderlich wird. Des Weiteren müssen die Parameter gemäß DepV und gegebenenfalls weitere Parameter wie biologische Atmungsaktivität, Heizwert, Gasbildungsrate, elementarer Kohlenstoff etc. je anfallender zu entsorgender Bodencharge analysiert werden.

Sollte der erforderliche Analyseumfang nicht im Zuge der Voruntersuchung durchgeführt worden sein, so ist dies entweder rechtzeitig vor Beginn oder während der Baumaßnahme durchzuführen. Für die Durchführung der Beprobung, der Analysen und der abschließenden Entsorgungswegfindung sind 3 bis 5 Wochen (vorbehaltlich evtl. Behördenbestätigungen) einzuplanen.

Darüber hinaus können für die Entsorgung weitere deponiespezifische Unterlagen erforderlich werden. Es wird empfohlen dies rechtzeitig (3 bis 5 Wochen vor dem Entsorgungsvorgang) bei der ausgewählten Deponie zu erfragen.

Steht der Entsorgungsweg vor dem Entsorgungsvorgang nicht eindeutig fest, kann dies zu Verzögerungen des Bauablaufes und somit zu Mehrkosten führen.

10 Schlussbemerkungen

Für die Beseitigung des Bahnüberganges im Bereich der Bismarckstraße in Altshausen und anschließenden Neubau einer Eisenbahnunterführung (Strecke 4550 bei km 18,675) wurde von der IBES Baugrundinstitut GmbH eine Baugrunderkundung mit begleitenden Feld- sowie bodenmechanischen Laboruntersuchungen durchgeführt.

Anhand der Untersuchungsergebnisse und der zur Verfügung stehenden Unterlagen und Informationen wurde dieses Baugrund- und Gründungsgutachten mit abfallrechtlicher Bewertung ausgearbeitet. Darin werden Angaben zur Bemessung, Gründung und Bauausführung sowie zur Aushubentsorgung im Rahmen der geplanten Baumaßnahme gemacht.

Bei der Bauausführung ist ein fachgerechtes Arbeiten wichtig. Während der Erd- und Gründungsarbeiten wird ggf. eine weitere baubegleitende geo- und umwelttechnische Überwachung des Projektes (Abnahme von Gründungssohlen, Verdichtungskontrollen, Aushub-/Entsorgungsüberwachung etc.) durch den Baugrundsachverständigen erforderlich werden.

Prinzipiell sind Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und –ausbildung zwischen bzw. außerhalb der Aufschlusspunkte nicht auszuschließen. Sollten beim großflächigen Aufschluss während der Bauarbeiten andere Baugrundverhältnisse als diesem Gutachten zugrunde liegende festgestellt werden, ist das IBES Baugrundinstitut sofort zu verständigen, um die Ursache und die Auswirkung auf die genannten Empfehlungen überprüfen und ggf. ergänzen zu können.



Die die Geotechnik betreffenden und tangierenden Ausführungspläne und Standsicherheitsnachweise sind dem IBES Baugrundinstitut im Rahmen der Entwurfserstellung zur Prüfung vorzulegen. Die Ergebnisse der Überprüfung werden in einem geotechnischen Entwurfsbericht zusammengefasst. Weitere geotechnische Berichte können im Laufe der Bauausführung erforderlich werden.

Bei neu auftretenden Fragen wird um rechtzeitige Benachrichtigung gebeten.

Das Gutachten besitzt nur in seiner Gesamtheit Gültigkeit.

Neustadt/Weinstr., mk/bö/bc-gr 20.10.2016

Fritz-Voigt-Straße 4

Telefon: 06321 4996-00

Telefax: 06321 4996-29

E-Mail: ibes-gmbh@ibes-gmbh.de

IBES Baugrundinstitut GmbH

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Rauch
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. Michael Kupka
Projektbearbeiter



Übersichtslageplan






Grundlage: Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW,
M. 1:20.000

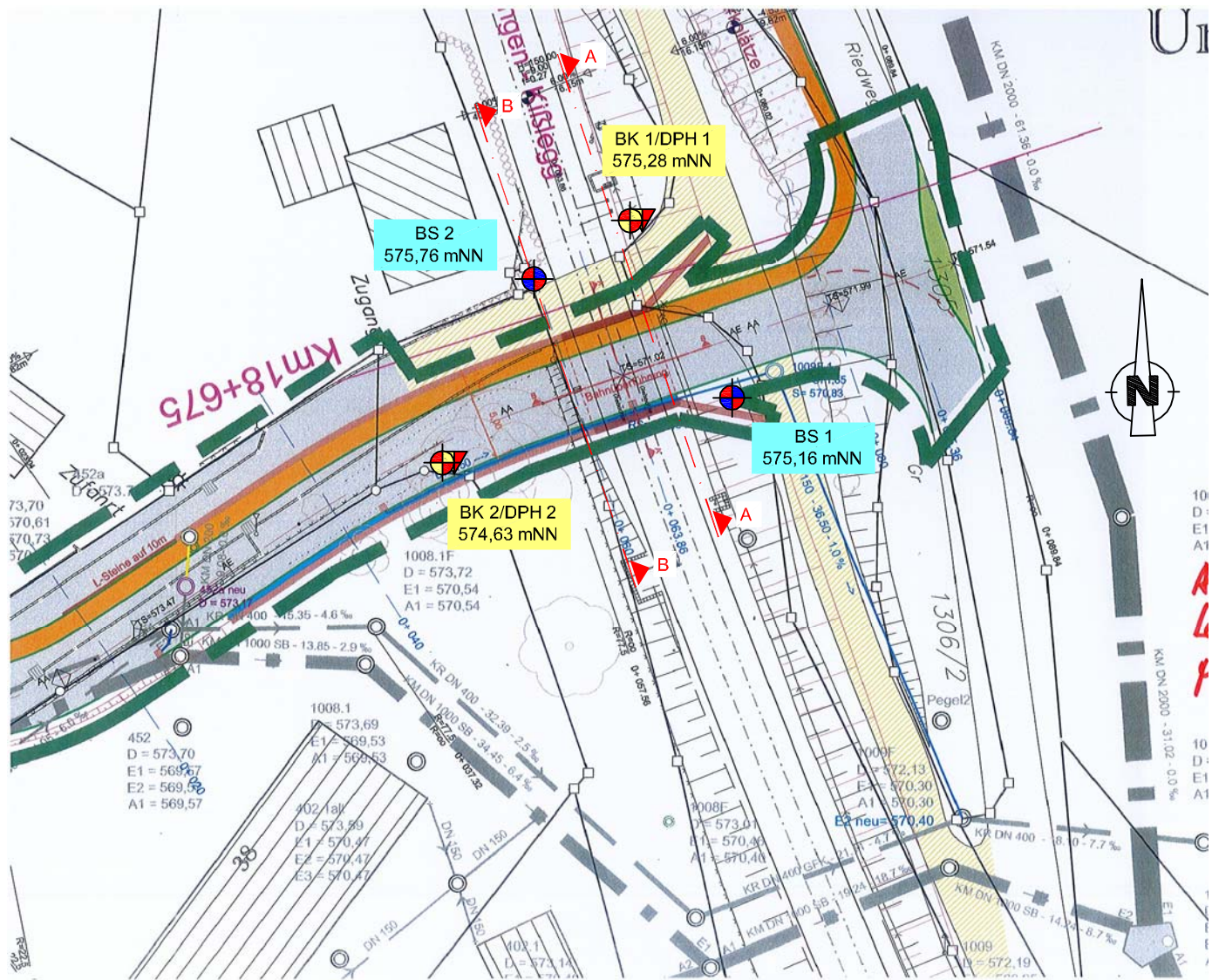


Lageplan mit Erkundungspunkten

M. 1:500

Legende:

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | BK - Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung |
|  | BS - Bohrsondierung |
|  | DPH - Sondierung mit der Schwere Rammsonde |





BAUGELÄNDE (AUSZUG)



Bild 1: Blick auf den Bahnübergang, Blickrichtung SW



Bild 2: Blick auf den Bahnübergang, Blickrichtung NO



Bild 3: Blick in aufsteigende Kilometrierungsrichtung, Blickrichtung SSO



Bild 4: Blick in aufsteigende Kilometrierungsrichtung, Blickrichtung NNW



BAUGRUNDAUFSCHLUESSE (AUSZUG)



Bild 5: Standort DPH 1



Bild 6: Ausführung DPH 2



Bild 7: Gewerbliche Bohrung BK 1



Bild 8: Gewerbliche Bohrung BK 2



BK 1 – KERNKISTEN



Bild 9: Bohrkern BK 1 (0,00-17,20 m)



BK 2 – KERNKISTEN



Bild 10: Bohrkern BK 2 (0,00-16,00 m)



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

	SCH	Schurf
	B	Bohrung
	BK	Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
	BP	Bohrung mit Gewinnung nicht gekernter Proben
	BuP	Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
	DPL	Rammsondierung leichte Sonde DIN 4094
	DPM	Rammsondierung mittelschwere Sonde DIN 4094
	DPH	Rammsondierung schwere Sonde DIN 4094
	BS	Sondierbohrung
	DS	Drucksondierung nach DIN 4094
	RKS	Rammkernsondierung
	GWM	Grundwassermeßstelle

BODENARTEN

Auffüllung		A	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	humos	H h	
Mudde	organisch	F o	
Geschiebemergel	mergelig	Mg me	

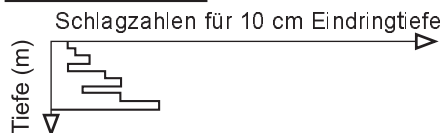
KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

KONSISTENZ

brg	breiig	wch	weich
stf	steif	hfst	halbfest
fst	fest		

RAMMDIAGRAMM



PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab. 1

	Bohrprobe (Glas 0,7l)
	Bohrprobe (Eimer 5l)
	Sonderprobe
	Verwachsene Bohrkernprobe
	Grundwasser angebohrt
	Grundwasser nach Bohrende
	Ruhewasserstand
k. GW	kein Grundwasser

	Bodengruppe aufgrund Laborergebnis
GU*	Bodengruppe aufgrund Ansprache

FELSARTEN

Fels, allgemein	Z	
Fels, verwittert	Zv	
Kongl., Brekzie	Gst.	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Mergelstein	Mst	
Kalkstein	Kst	
Granit	Gr	

NEBENANTEILE (DIN 4022)

schwach (<15%)
*/ stark (>30%)

BODENKLASSE

Bkl. 3

FEUCHTIGKEIT

f nass

KLÜFTUNG

klü	klüftig
klü	stark klüftig

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2,52 cm	3,57 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	5,00 cm ²	10,00 cm ²	15,00 cm ²
Gestängedurchmesser	2,20 cm	2,20 cm	3,20 cm
Rambbürgewicht	10,00 kg	30,00 kg	50,00 kg
Fallhöhe	50,0 cm	20,0 cm	50,0 cm

Bauvorhaben:

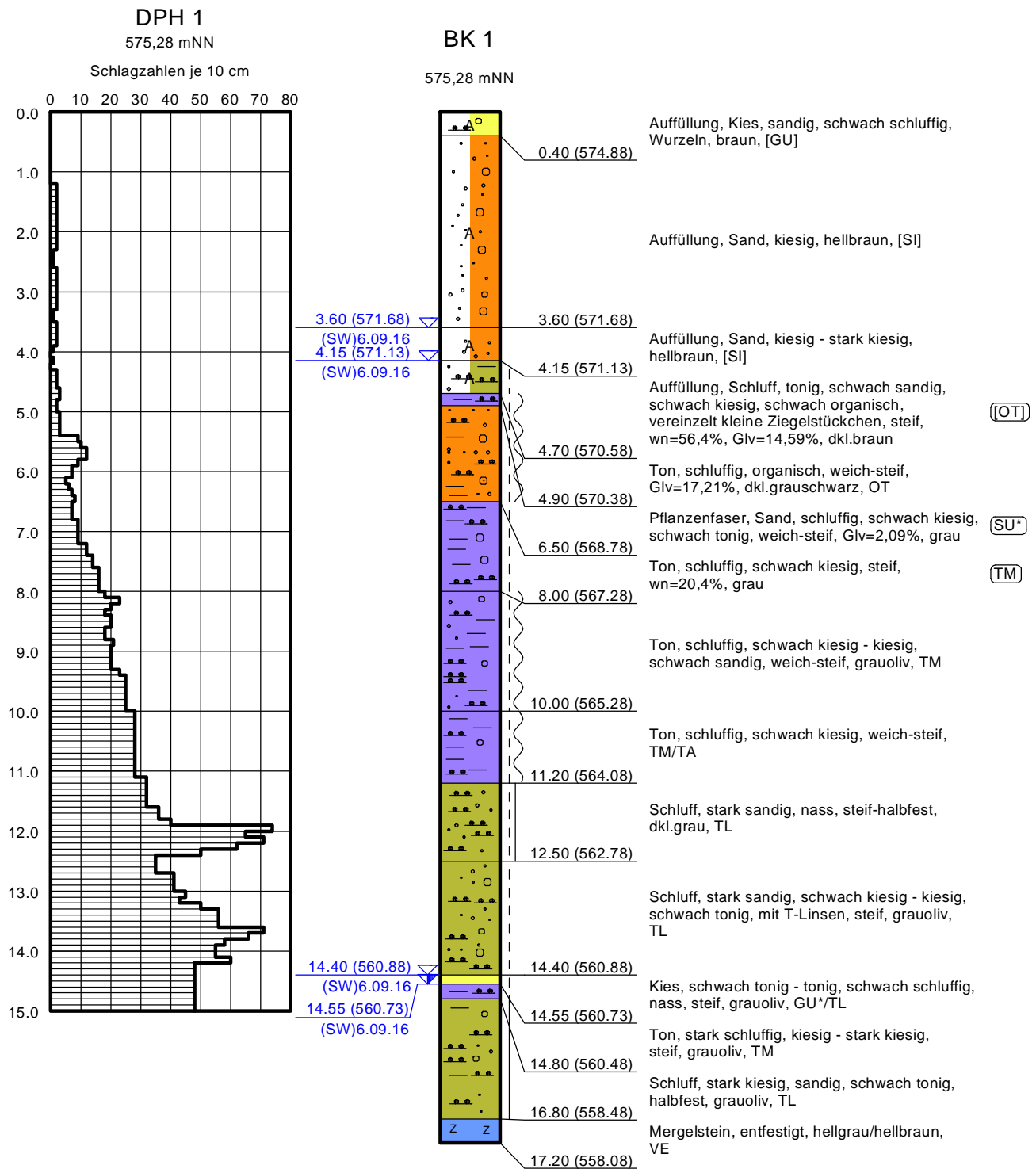
Beseitigung BÜ Altshausen, Strecke 4550, km 18,675

Planbezeichnung:

Legende



M. 1:100





M. 1:100

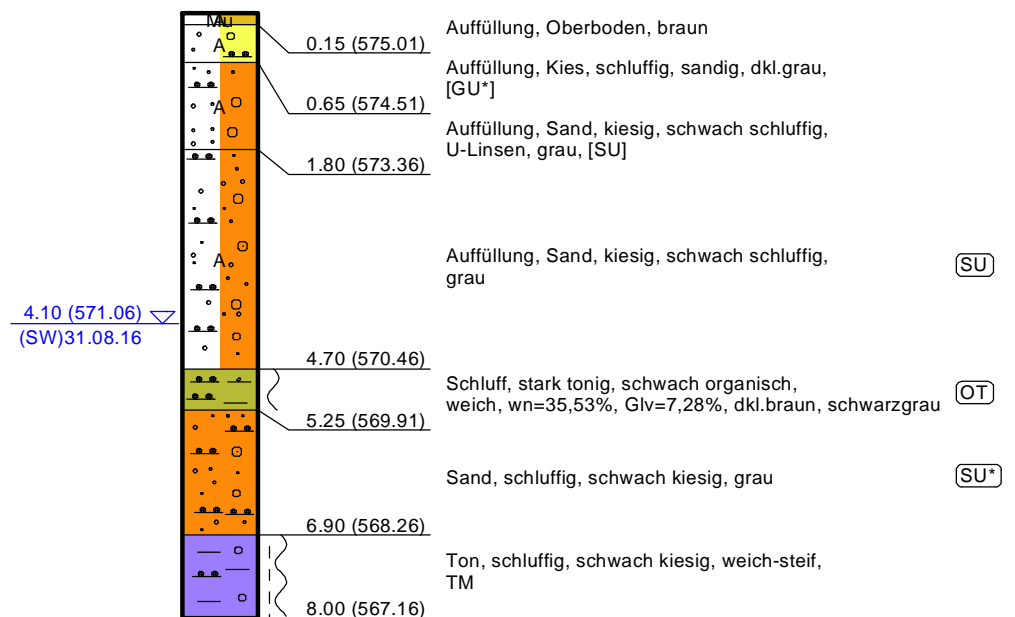




M. 1:100

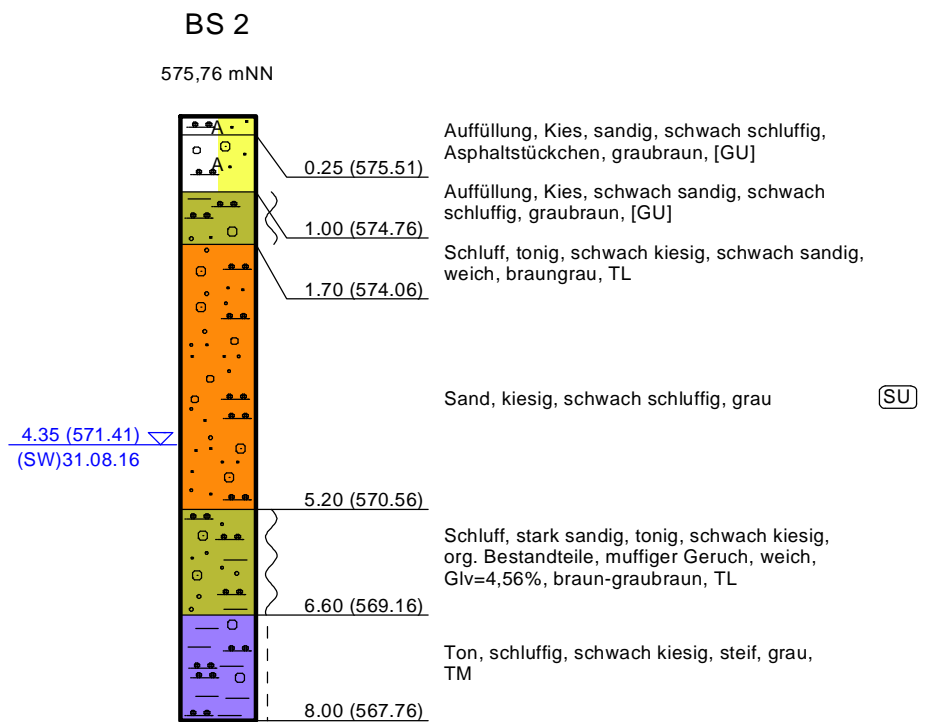
BS 1

575,16 mNN





M. 1:100





Ingenieurgeologischer Schnitt A-A

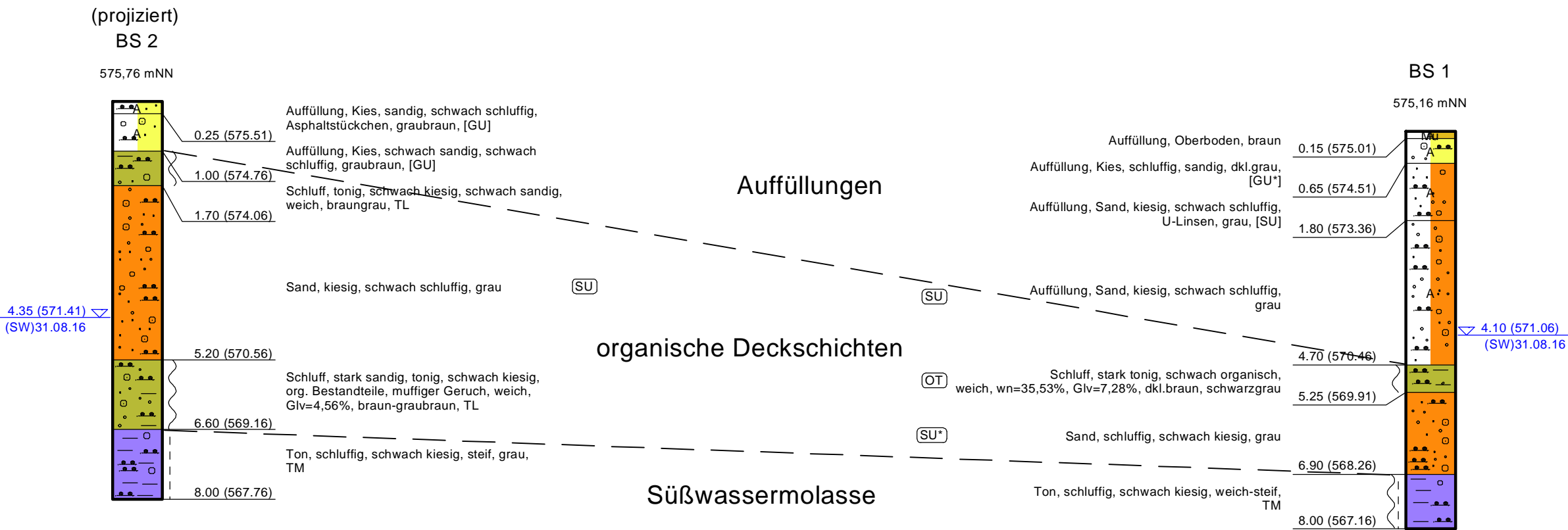
M. 1:500/100

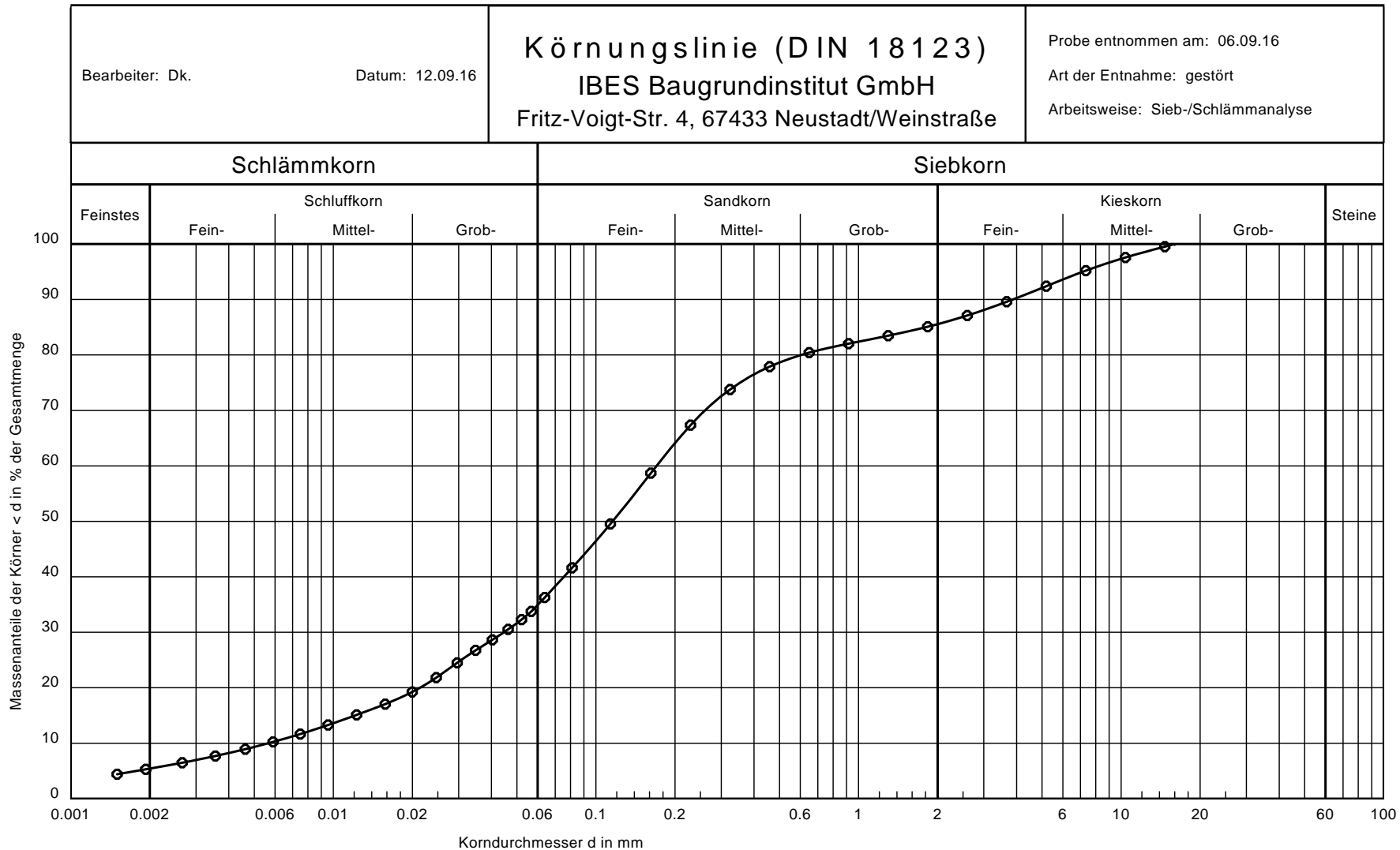




Ingenieurgeologischer Schnitt B-B

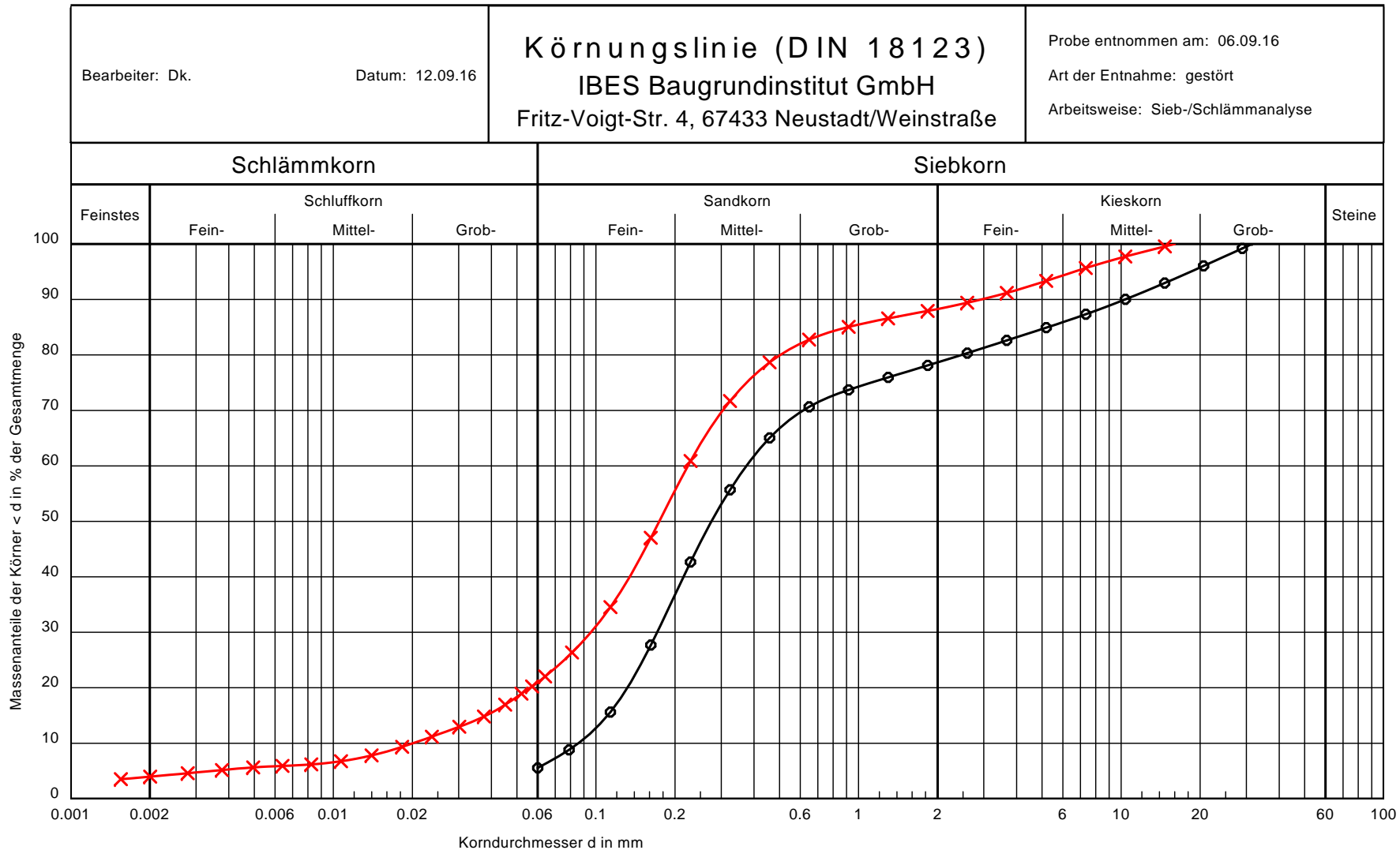
M. 1:500/100





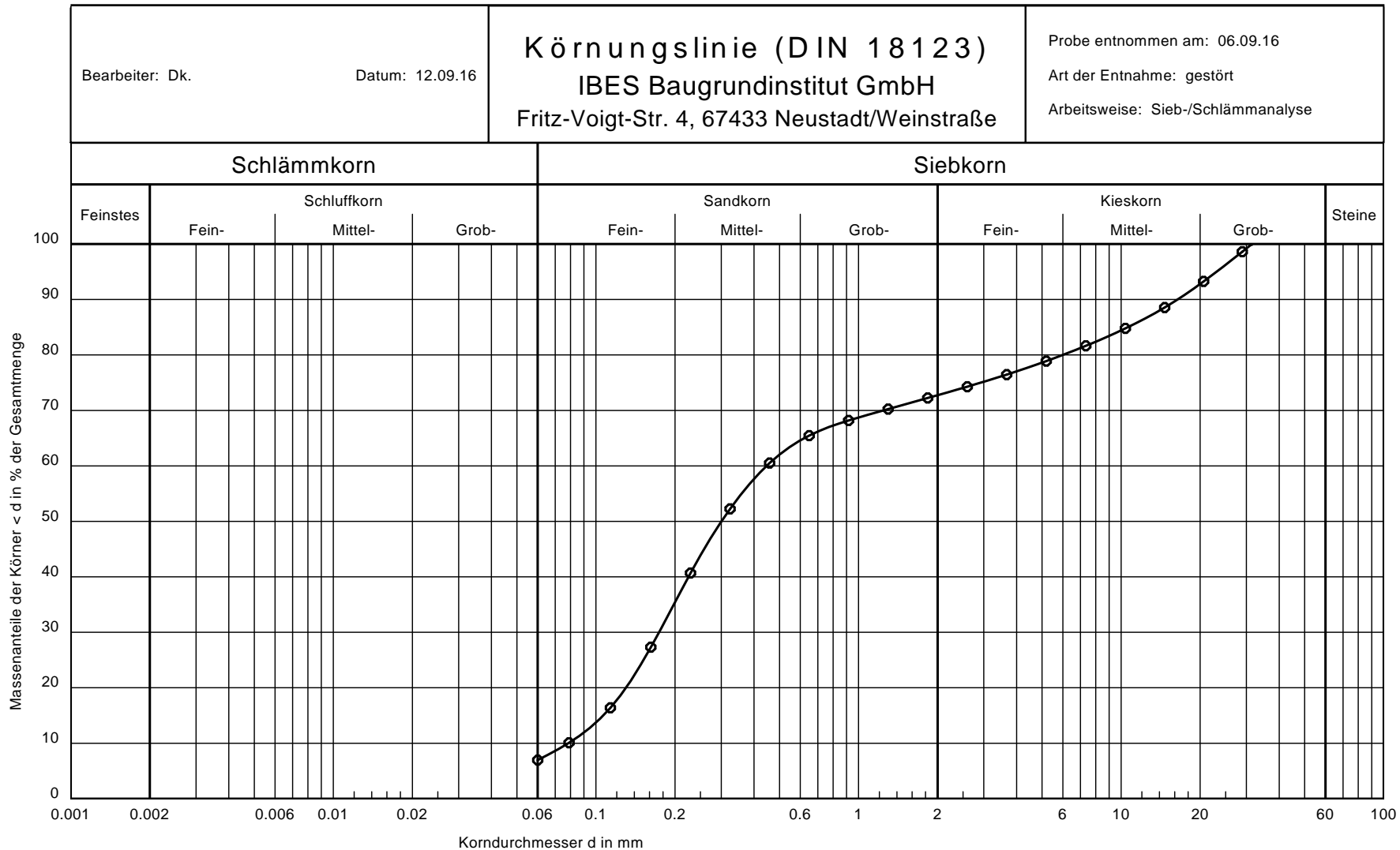
Labornummer:	10879
Bodenart:	S, u, g', t'
Tiefe:	4,90 m - 6,50 m
k [m/s] (Beyer):	-
Entnahmestelle:	BK 1
U/Cc	30.1/2.1
T/U/S/G [%]:	5.4/29.5/50.6/14.5
Bodengruppe:	SU*
Signatur:	





Labornummer:	10738	10740
Bodenart:	S, g, u'	S, u, g'
Tiefe:	1,80 m - 4,70 m	5,25 m - 6,90 m
k [m/s] (Beyer):	$6.6 \cdot 10^{-5}$	-
Entnahmestelle:	BS 1	BS 1
U/Cc	4.4/0.9	11.1/2.0
T/U/S/G [%]:	- /5.5/73.1/21.3	4.0/17.0/67.3/11.7
Bodengruppe:	SU	SU*
Signatur:		





Labornummer:	10745
Bodenart:	S, g, u'
Tiefe:	1,70 m - 5,20 m
k [m/s] (Beyer):	4,9 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	BS 2
U/Cc	5,7/0,9
T/U/S/G [%]:	- /7,0/65,8/27,3
Bodengruppe:	SU
Signatur:	





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 10877

Entnahmestelle: BK 1

Tiefe: 4,15 m - 4,70 m

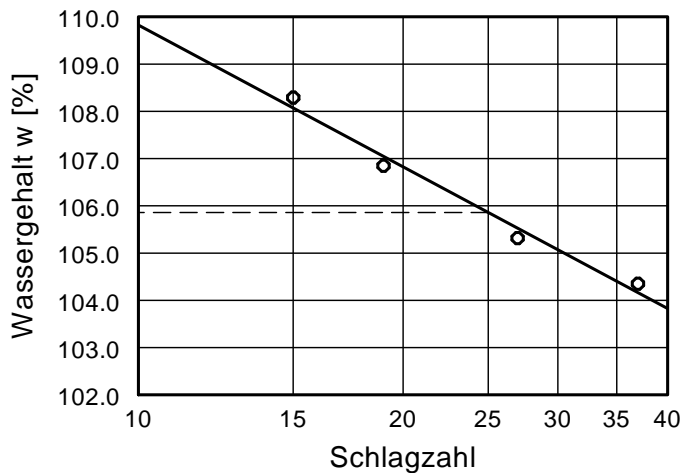
Bodengruppe: OT

Art der Entnahme: gestört

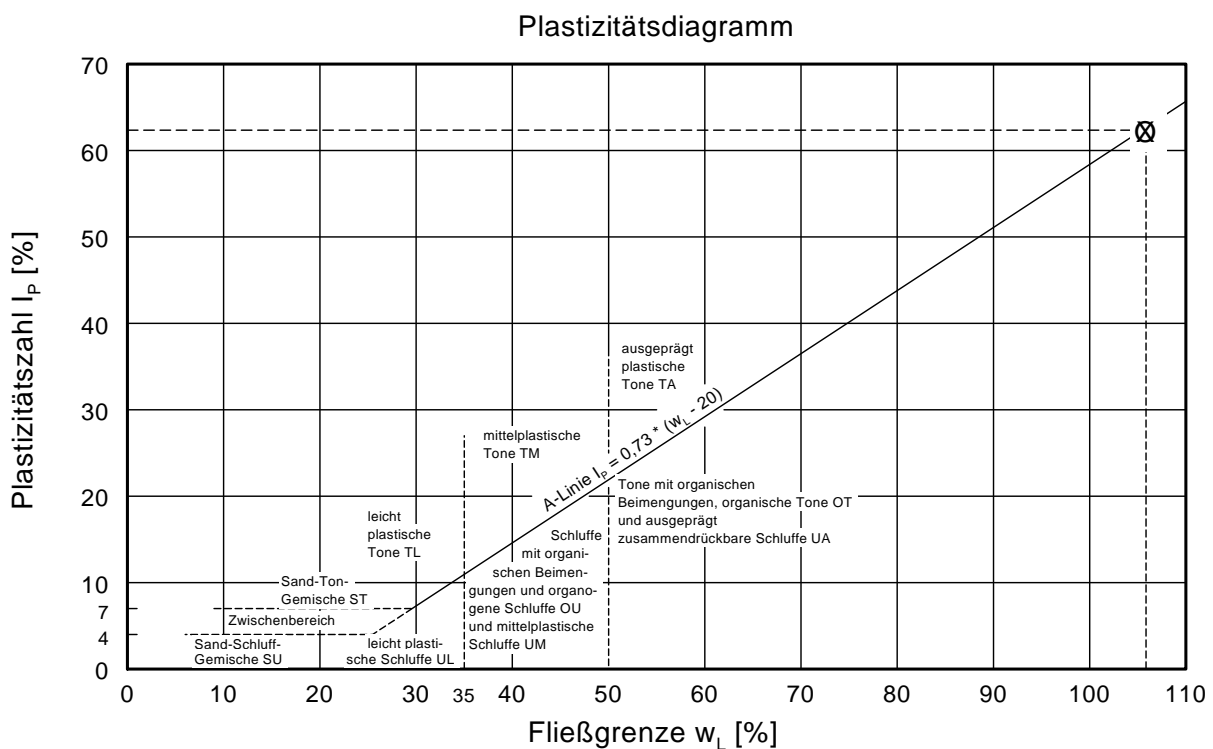
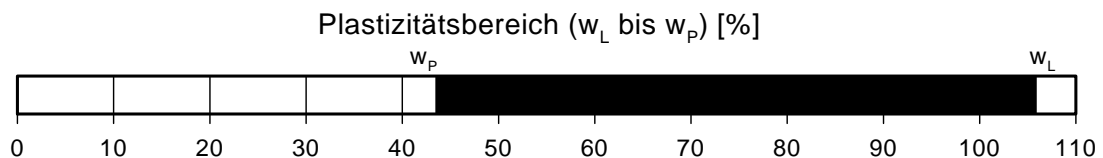
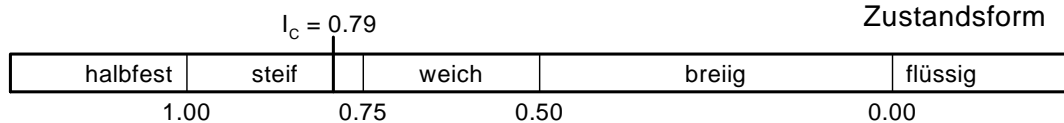
Probe entnommen am: 06.09.16

Bearbeiter: Jg.

Datum: 12.09.16



Wassergehalt $w = 56.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 105.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 43.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 62.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.79$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 10880

Entnahmestelle: BK 1

Tiefe: 6,50 m - 8,00 m

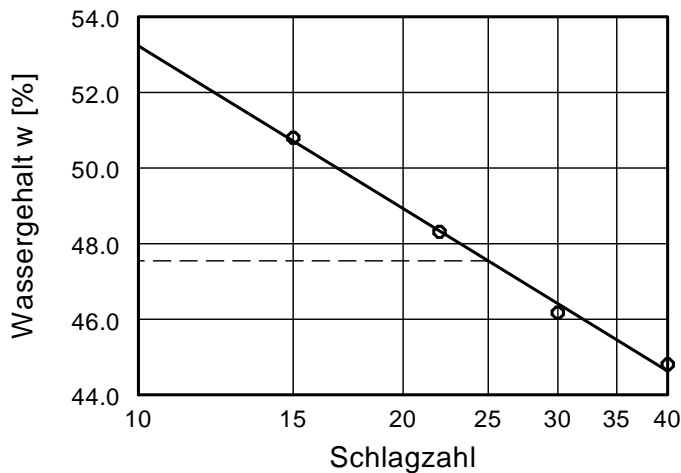
Bodengruppe: TM

Art der Entnahme: gestört

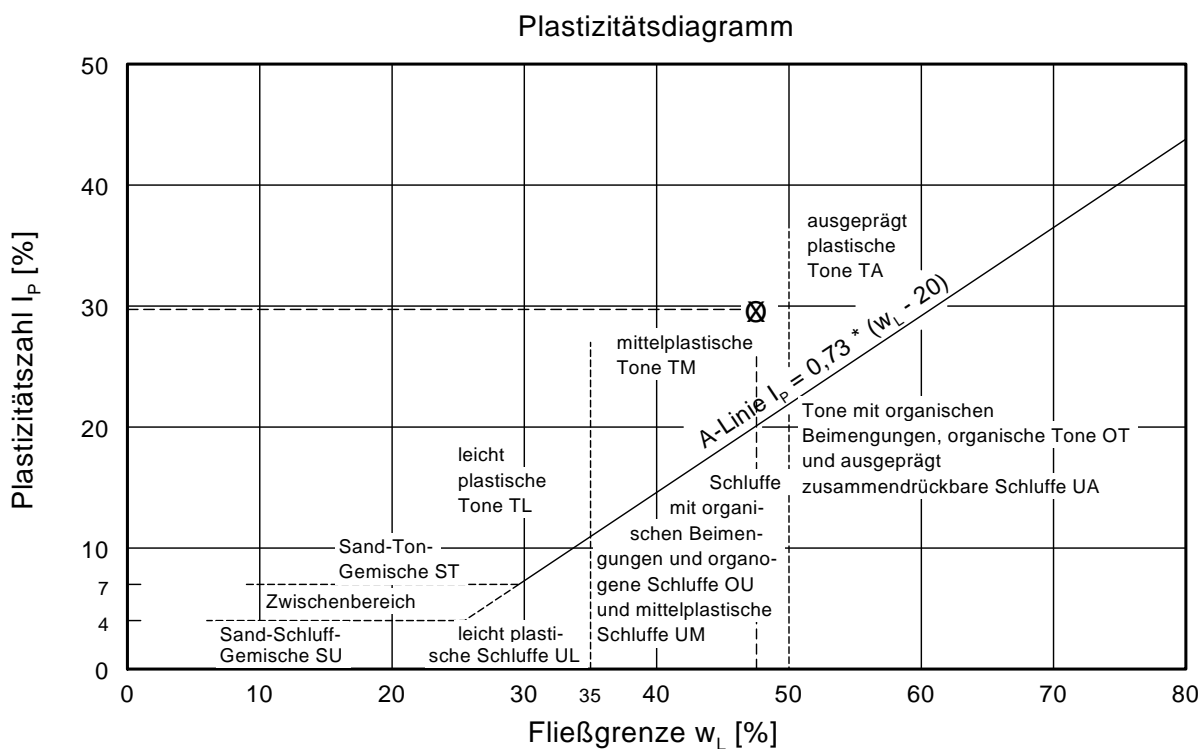
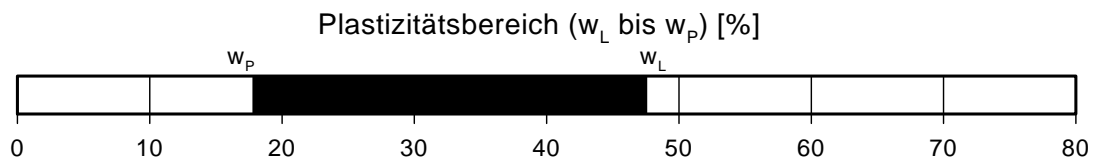
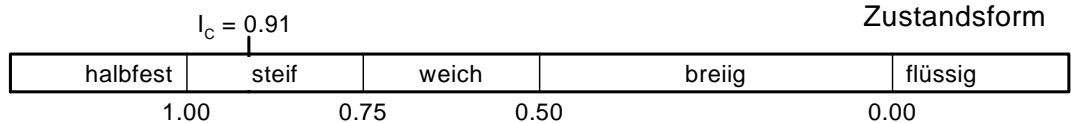
Probe entnommen am: 06.09.16

Bearbeiter: Jg.

Datum: 12.09.16



Wassergehalt $w = 20.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 47.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 17.8 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 29.7 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.91$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 10896

Entnahmestelle: BK 2

Tiefe: 3,05 m - 3,30 m

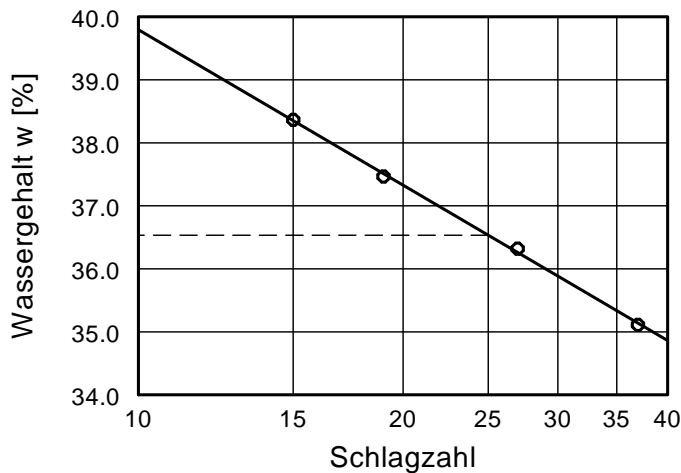
Bodengruppe: TM

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 06.09.16

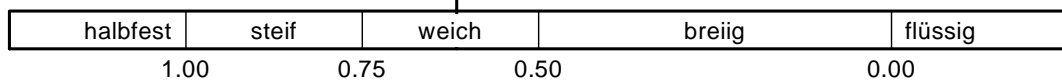
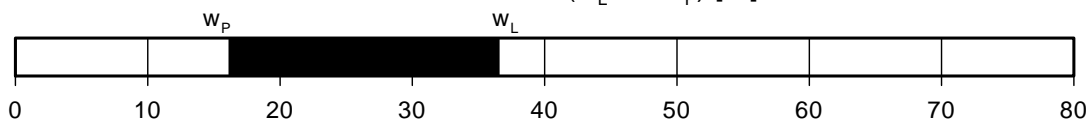
Bearbeiter: Jg.

Datum: 12.09.16

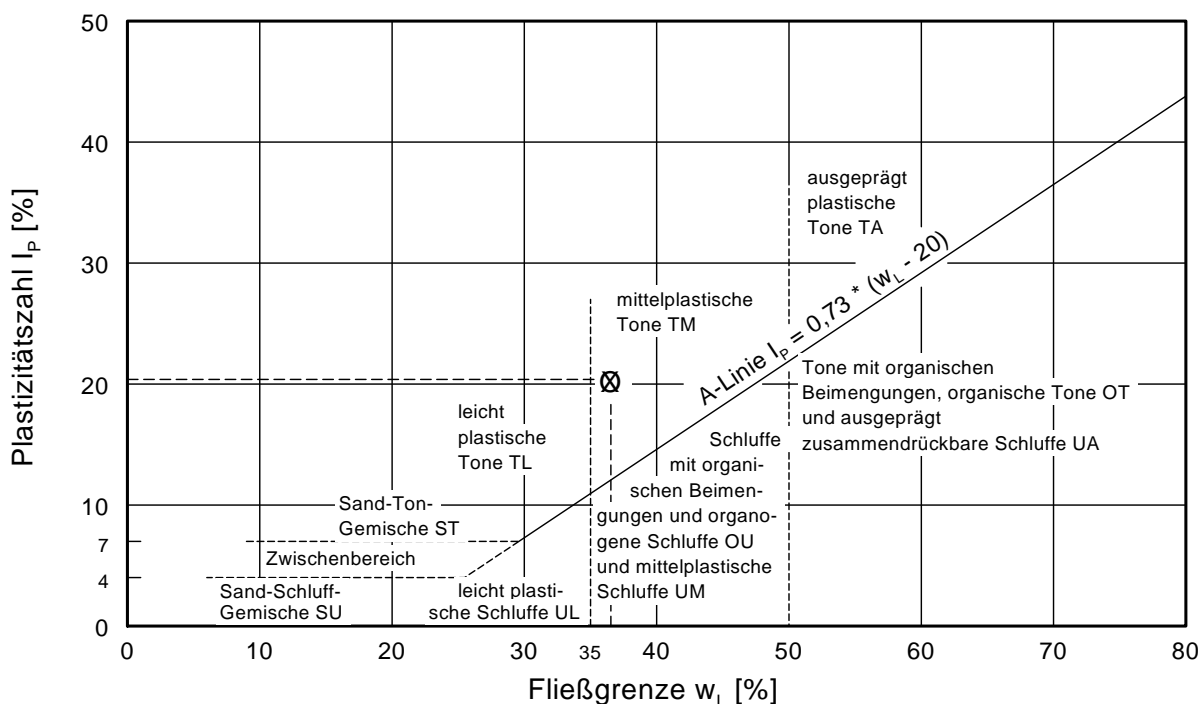


Wassergehalt $w = 24.0 \%$
 Fließgrenze $w_L = 36.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 16.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 20.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.62$

Zustandsform

 $I_c = 0.62$ Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]

Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 10901

Entnahmestelle: BK 2

Tiefe: 4,70 m - 5,35 m

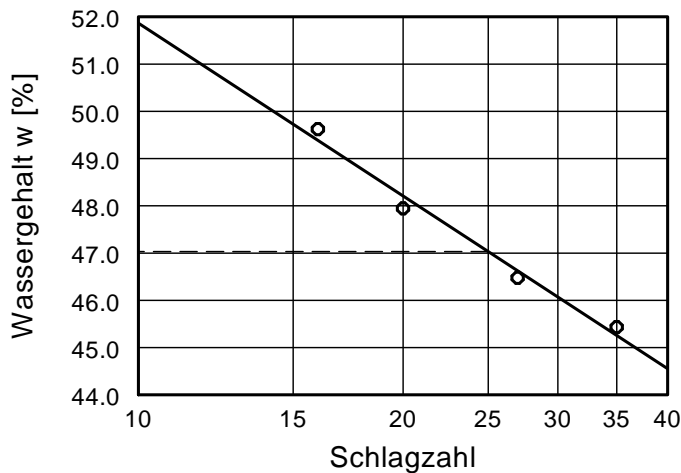
Bodengruppe: TM

Art der Entnahme: gestört

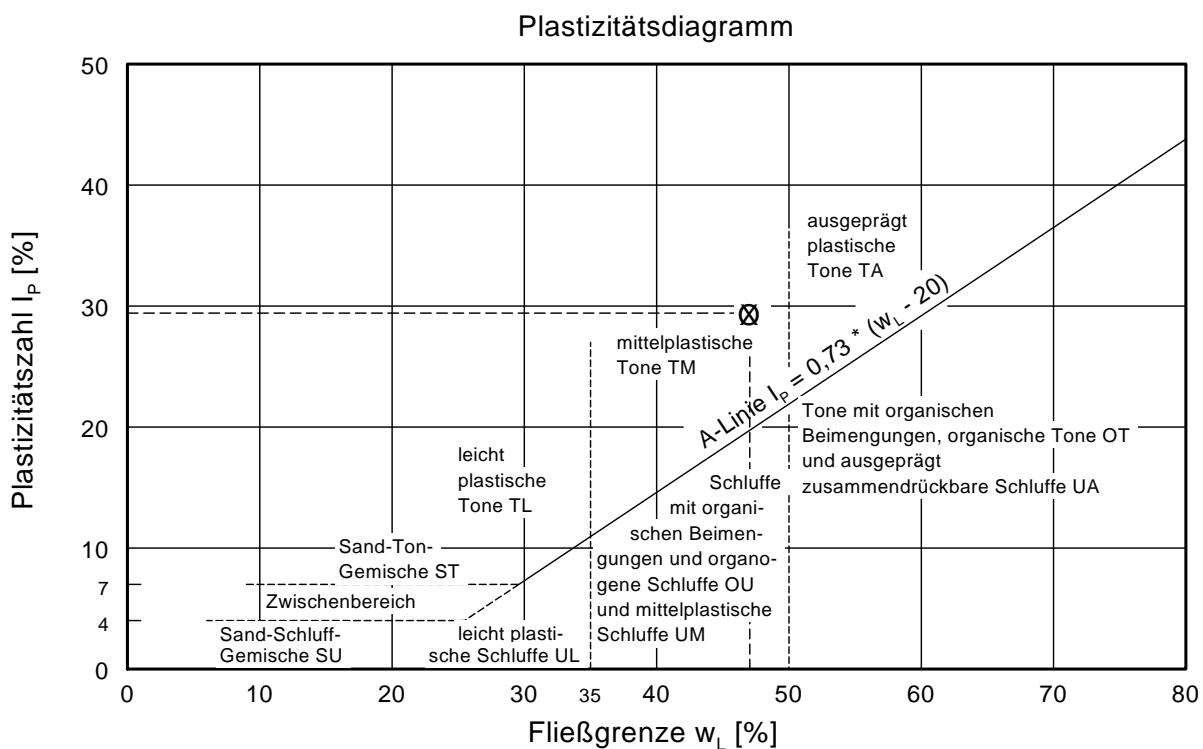
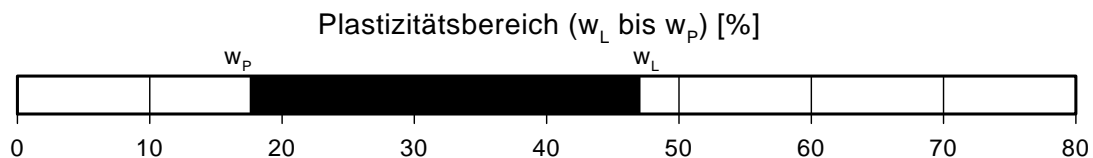
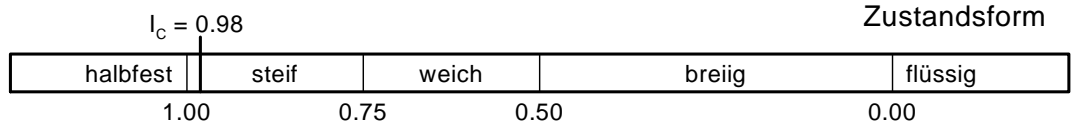
Probe entnommen am: 06.09.16

Bearbeiter: Jg.

Datum: 12.09.16



Wassergehalt $w = 18.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 47.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 17.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 29.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.98$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 10903

Entnahmestelle: BK 2

Tiefe: 6,80 m - 9,00 m

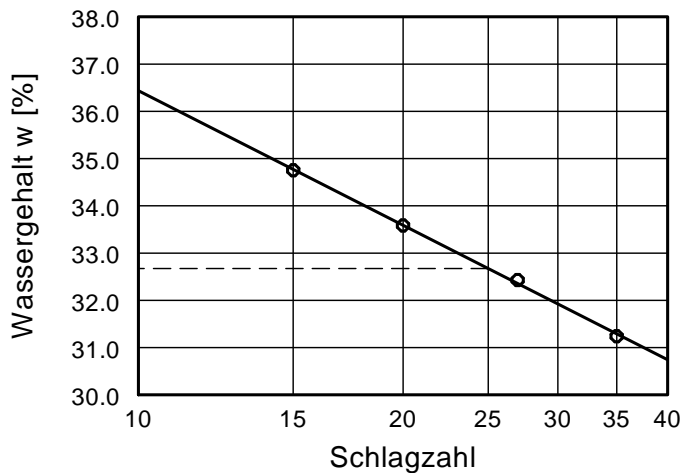
Bodengruppe: TL

Art der Entnahme: gestört

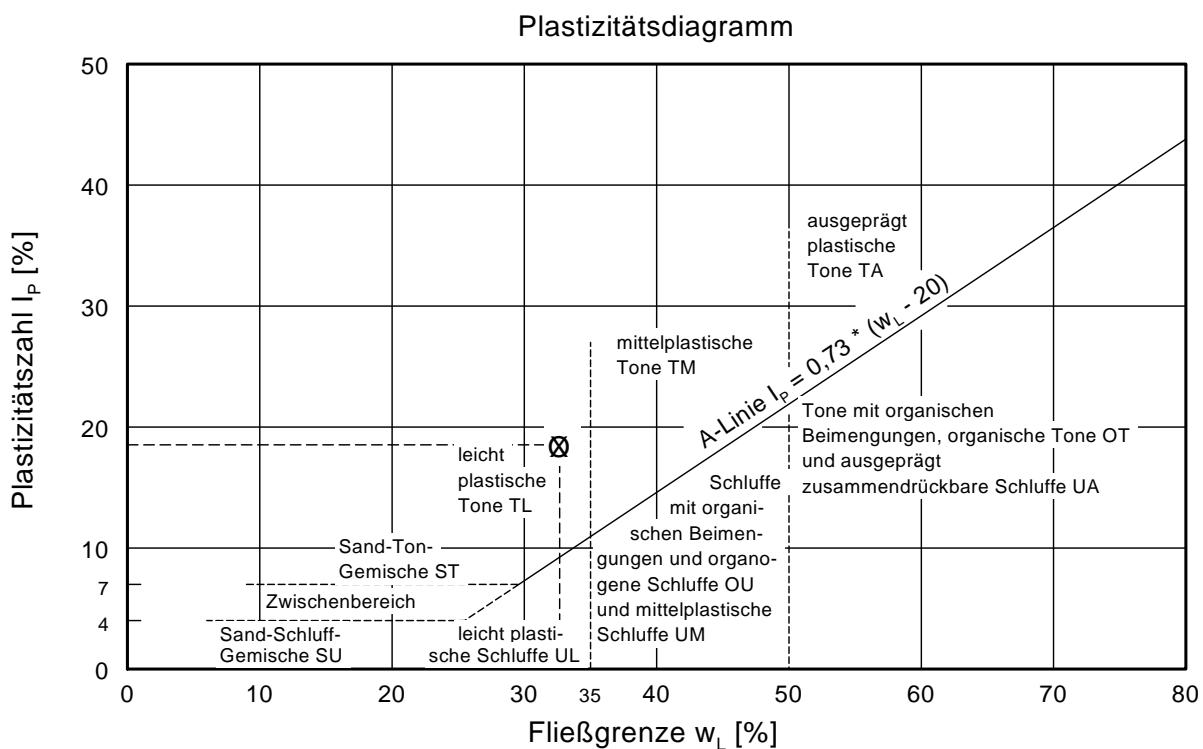
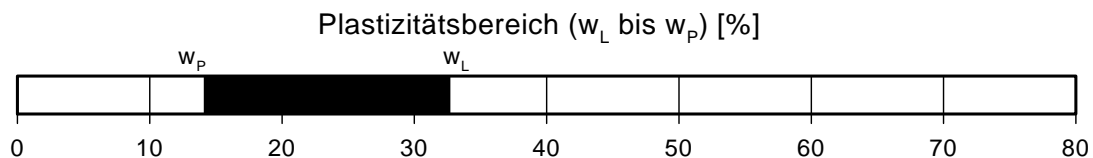
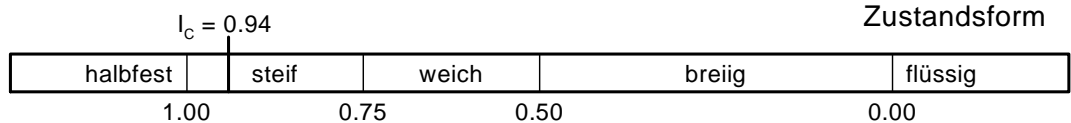
Probe entnommen am: 06.09.16

Bearbeiter: Jg.

Datum: 12.09.16



Wassergehalt $w = 15.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 14.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 18.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.94$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 10739

Entnahmestelle: BS 1

Tiefe: 4,70 m - 5,25 m

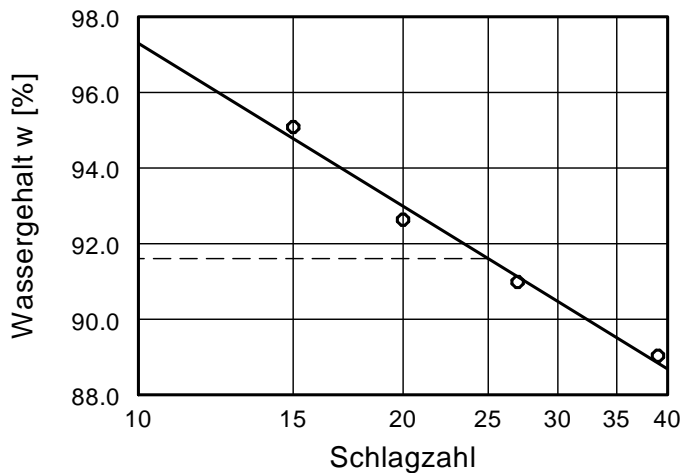
Bodengruppe: OT

Art der Entnahme: gestört

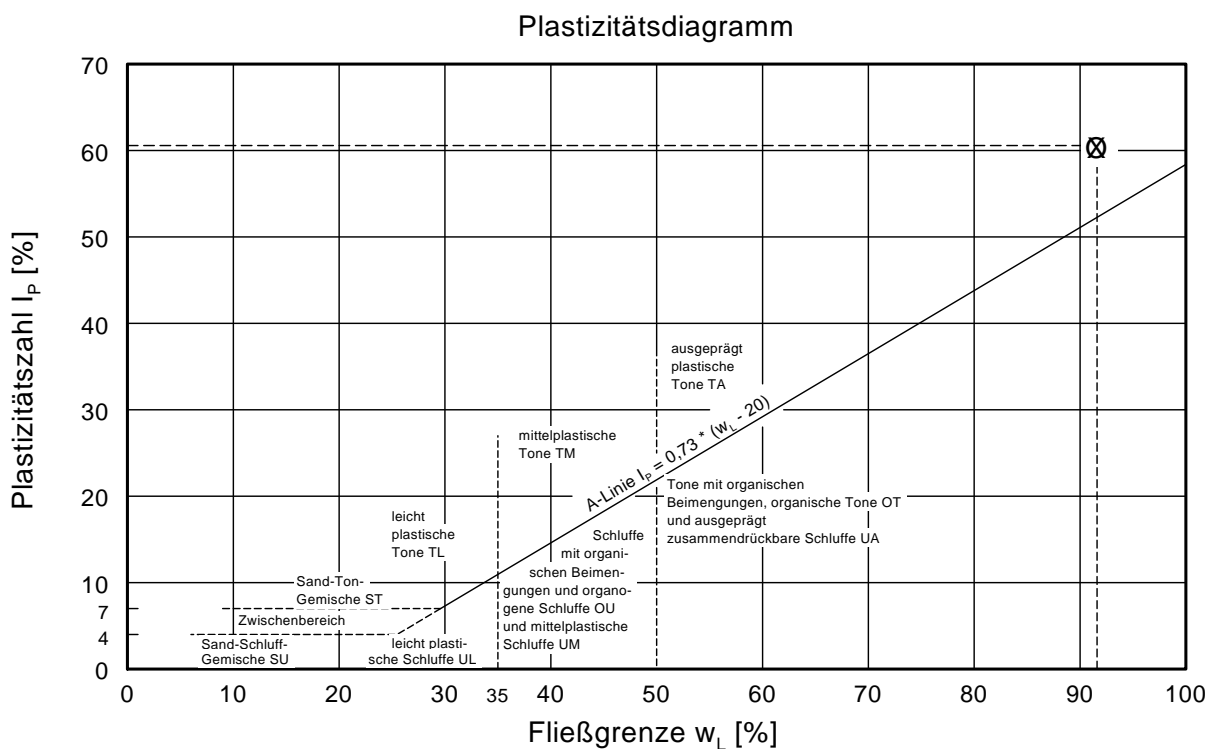
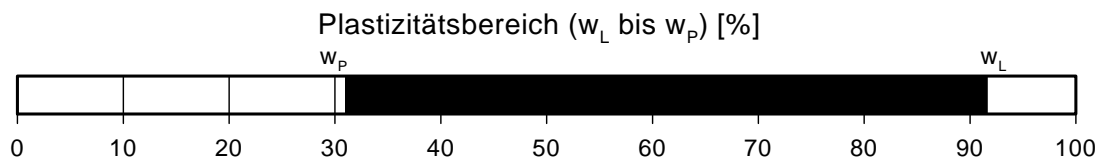
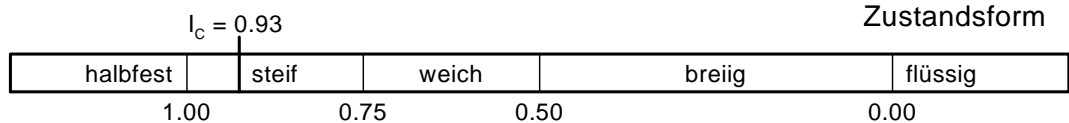
Probe entnommen am: 06.09.16

Bearbeiter: Jg.

Datum: 12.09.16



Wassergehalt $w =$ 35.5 %
 Fließgrenze $w_L =$ 91.6 %
 Ausrollgrenze $w_p =$ 31.0 %
 Plastizitätszahl $I_p =$ 60.6 %
 Konsistenzzahl $I_c =$ 0.93





Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Projekt - Nr: 16.376.1				Entnahmeart: gestört			
Projekt:				Entnahme am: 06.09.16			
Ausgf. durch: Mg.		Datum: 09.09.16		durch:			



Bestimmung des Glühverlustes bei 550 Grad Celsius

Projekt - Nr: 16.376.1			Entnahmeart: gestört			
Projekt:			Entnahme am: 06.09.16			
Ausgf. durch: Mg.		Datum: 12.09.16		durch:		



Untersuchungsergebnisse chemische Analysen

gefertigt von

**DB Engineering & Consulting GmbH SE Umwelt, Geotechnik & Geodäsie,
Umweltservice (I.TPU 1), Brandenburg-Kirchmöser**

(5 Blatt)



DB Engineering & Consulting GmbH
SE Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
Umweltservice (I.TPU 1)
Brandenburg-Kirchmöser



Prüfbericht zum Auftrag A00000062

Vorgangsbezeichnung: Beseitigung BÜ Altshausen, Strecke 4550, km 18,675

Angebotsnr. (I.TPU 1): 1605077-001

Auftraggeber: DB Netz AG
RB Südwest
I.NVR-SW-A
Schwarzwaldstraße 82
76137 Karlsruhe

Probenehmer: IBES GmbH, Neustadt (Weinstraße)
Probenahme außerhalb des o. g. Akkreditierungsbereiches

Prüfungszeitraum: 20.09.2016 - 04.10.2016

Anzahl der Seiten: 5

Berichtersteller: Anke Fritzsching

Brandenburg-Kirchmöser, 04.10.2016

Birgit Henkel
Leiterin Umweltlabor (I.TPU 12)

*Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Bericht genannten Gegenstände.
Dieser Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung durch den Umweltservice (I.TPU 1) nicht auszugsweise veröffentlicht werden.*

Bahntechnikring 70
14774 Brandenburg-Kirchmöser
Telefon: +49 3381 812-306
Fax: +49 3381 812-408

DB Engineering & Consulting GmbH
Sitz der Gesellschaft: Berlin
Amtsgericht:
Berlin-Charlottenburg
HRB: 58 655

UST-Id.Nr.: DE 114 139 523

EUREF-Campus 14
Torgauer Straße 12-15
10829 Berlin

Aufsichtsrat:
Dr. Volker Kofler
(Vorsitzender)

Geschäftsführung:
Niko Warbanoff
(Vorsitzender)
Dieter Michell-Auli
Jens Bergmann
Andreas Schwellner
Michael Fritz

Deutsche Bank AG Berlin
IBAN: DE78 1007 0000 0046 0006 00
BIC: DEUTDE33XXX

Postbank Berlin
IBAN: DE51 1001 0010 0152 4101 08
BIC: PBNKDEFF

Auftragsnummer			A00000062	A00000062	A00000062	A00000062
Probennummer			16P50338	16P50339	16P50340	16P50341
Probenbezeichnung			BMP 1	BMP 2	BMP 3	BMP 4
Probenart			Boden	Boden	Boden	Boden
Entnahmetiefe [m]			-	-	-	-
Probenahmedatum			07.09.2016	07.09.2016	07.09.2016	07.09.2016
Probeneingang			19.09.2016	19.09.2016	19.09.2016	19.09.2016
Parameter	Dim.	BG				
Farbe			graubraun	braun	grauschwarz	braun
Feuchtigkeit			feucht	feucht	feucht	feucht
Beschaffenheit			---	schluffig	sandig	---
Sonstige Auffälligkeiten			---	---	---	---
Geruch			ohne	erdig	erdig	erdig
Bodenart			Sand	Sand	Lehm/Schluff	Sand
Trockenrückstand	%		88,1	86,2	83,6	91,6
Kohlenwasserstoffindex (C10-C40)	mg/kg TS	100	< 100	< 100	< 100	< 100
Mobiler KW-Anteil (C10-C22)	mg/kg TS	100	< 100	< 100	< 100	< 100
EOX	mg/kg TS	1,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
BTEX, Summe	mg/kg TS		k.S.	k.S.	k.S.	k.S.
Benzol	mg/kg TS	0,2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Toluol	mg/kg TS	0,2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Ethylbenzol	mg/kg TS	0,2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
o-Xylol	mg/kg TS	0,2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
m/p-Xylol	mg/kg TS	0,4	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
LHKW, Summe	mg/kg TS		k.S.	k.S.	k.S.	k.S.
Dichlormethan	mg/kg TS	0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Trichlormethan	mg/kg TS	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Tetrachlormethan	mg/kg TS	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Trichlorethen	mg/kg TS	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Tetrachlorethen	mg/kg TS	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
1,1-Dichlorethan	mg/kg TS	0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
PCB (Ballschmitter), Summe	µg/kg TS		k.S.	k.S.	k.S.	k.S.
PCB 28	µg/kg TS	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
PCB 52	µg/kg TS	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
PCB 101	µg/kg TS	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
PCB 138	µg/kg TS	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
PCB 153	µg/kg TS	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
PCB 180	µg/kg TS	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
PAK (EPA), Summe	mg/kg TS		0,27	k.S.	k.S.	k.S.
Naphthalin	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Acenaphthen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fluoren	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Phenanthren	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Anthracen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fluoranthren	mg/kg TS	0,10	0,13	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Pyren	mg/kg TS	0,10	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Chrysen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	0,5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Arsen	mg/kg TS	3,0	5,8	7,9	4,6	4,4
Blei	mg/kg TS	3,0	19,0	30,0	19,0	18,0
Cadmium	mg/kg TS	0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Chrom	mg/kg TS	3,00	18,2	40,9	28,9	17,6
Kupfer	mg/kg TS	3,00	10,6	17,0	15,6	10,3
Nickel	mg/kg TS	3,00	19,4	40,4	25,7	19,2
Quecksilber	mg/kg TS	0,10	0,39	0,22	< 0,10	1,72
Thallium	mg/kg TS	0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Zink	mg/kg TS	3,00	33,7	46,7	48,9	35,9
pH-Wert			7,5	7,5	7,4	7,5

k. S. - keine Summenbildung, alle Einzelwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze

n. b. M. - nicht bestimmbar aufgrund von Matrixeffekten

Auftragsnummer			A00000062	A00000062	A00000062	A00000062
Probennummer			16P50338	16P50339	16P50340	16P50341
Probenbezeichnung			BMP 1	BMP 2	BMP 3	BMP 4
Probenart			Boden	Boden	Boden	Boden
Entnahmetiefe [m]			-	-	-	-
Probenahmedatum			07.09.2016	07.09.2016	07.09.2016	07.09.2016
Probeneingang			19.09.2016	19.09.2016	19.09.2016	19.09.2016
Parameter	Dim.	BG				
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		121	142	133	93
Phenolindex	mg/l	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Chlorid	mg/l	1,5	< 1,5	4,5	1,6	< 1,5
Cyanid, gesamt	mg/l	0,005	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050
Sulfat	mg/l	1,5	2,6	2,2	10,0	< 1,5
Arsen	mg/l	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Blei	mg/l	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cadmium	mg/l	0,0015	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
Chrom	mg/l	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Kupfer	mg/l	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nickel	mg/l	0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Quecksilber	mg/l	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

Auftragsnummer				
Probennummer				
Probenbezeichnung				
Probenart				
Entnahmetiefe [m]				
Probenahmedatum				
Probeneingang				
Parameter	Dim.	BG	Analysenverfahren	N - nicht akkreditiert F - Fremdleistung
Farbe			Königswasseraufschluss: Hausverfahren Digiprep in Anlehnung an DIN 11466 / DIN EN 13346 / DIN EN 13657 Eluat: DIN 38 414 - S 4 / DIN EN 12457-4	
Feuchtigkeit				
Beschaffenheit				
Sonstige Auffälligkeiten				
Geruch				
Bodenart				
Trockenrückstand	%		DIN EN 14346/DIN EN 15934	
Kohlenwasserstoffindex (C10-C40)	mg/kg TS	100	DIN EN ISO 16703	
Mobiler KW-Anteil (C10-C22)	mg/kg TS	100	DIN EN ISO 16703	
EOX	mg/kg TS	1,0	DIN 38414-S 17	
BTEX, Summe	mg/kg TS		DIN ISO 22155	
Benzol	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 22155	
Toluol	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 22155	
Ethylbenzol	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 22155	
o-Xylol	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 22155	
m/p-Xylol	mg/kg TS	0,4	DIN ISO 22155	
LHKW, Summe	mg/kg TS		DIN ISO 22155	
Dichlormethan	mg/kg TS	0,15	DIN ISO 22155	
Trichlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 22155	
Tetrachlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 22155	
Trichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 22155	
Tetrachlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 22155	
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 22155	
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,15	DIN ISO 22155	
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,15	DIN ISO 22155	
1,1-Dichlorethan	mg/kg TS	0,15	DIN ISO 22155	
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	0,15	DIN ISO 22155	
PCB (Ballschmitter), Summe	µg/kg TS		DIN 38414-S 20	
PCB 28	µg/kg TS	3,0	DIN 38414-S 20	
PCB 52	µg/kg TS	3,0	DIN 38414-S 20	
PCB 101	µg/kg TS	3,0	DIN 38414-S 20	
PCB 138	µg/kg TS	3,0	DIN 38414-S 20	
PCB 153	µg/kg TS	3,0	DIN 38414-S 20	
PCB 180	µg/kg TS	3,0	DIN 38414-S 20	
PAK (EPA), Summe	mg/kg TS		DIN ISO 13877	
Naphthalin	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Acenaphthen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Fluoren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Phenanthren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Anthracen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Fluoranthren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Pyren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Chrysen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	0,10	DIN ISO 13877	
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	0,5	DIN ISO 11262	
Arsen	mg/kg TS	3,0	DIN EN ISO 11885	
Blei	mg/kg TS	3,0	DIN EN ISO 11885	
Cadmium	mg/kg TS	0,30	DIN EN ISO 11885	
Chrom	mg/kg TS	3,00	DIN EN ISO 11885	
Kupfer	mg/kg TS	3,00	DIN EN ISO 11885	
Nickel	mg/kg TS	3,00	DIN EN ISO 11885	
Quecksilber	mg/kg TS	0,10	DIN EN 1483	
Thallium	mg/kg TS	0,40	DIN 38406-E 26	
Zink	mg/kg TS	3,00	DIN EN ISO 11885	
pH-Wert			DIN 38404-C 5	

k. S. - keine Summenbildung, alle Einzelwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze

n. b. M. - nicht bestimmbar aufgrund von Matrixeffekten

Auftragsnummer				
Probennummer				
Probenbezeichnung				
Probenart				
Entnahmetiefe [m]				
Probenahmedatum				
Probeneingang				
Parameter	Dim.	BG	Analysenverfahren	N - nicht akkreditiert F - Fremdleistung
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		DIN EN 27888	
Phenolindex	mg/l	0,01	DIN EN ISO 14402	
Chlorid	mg/l	1,5	DIN EN ISO 10304-1	
Cyanid, gesamt	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403	
Sulfat	mg/l	1,5	DIN EN ISO 10304-1	
Arsen	mg/l	0,01	DIN EN ISO 11885	
Blei	mg/l	0,02	DIN EN ISO 11885	
Cadmium	mg/l	0,0015	DIN EN ISO 11885	
Chrom	mg/l	0,01	DIN EN ISO 11885	
Kupfer	mg/l	0,01	DIN EN ISO 11885	
Nickel	mg/l	0,015	DIN EN ISO 11885	
Quecksilber	mg/l	0,0002	DIN EN ISO 17852 (E53)*	
Zink	mg/l	0,005	DIN EN ISO 11885	

* Aufschluss mit Kaliumpermanganat/
Hydroxylammoniumchlorid



Untersuchungsergebnisse der chemischen
Wasseranalyse
- Analysenprotokoll Betonaggressivität -

gefertigt von

AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg

(Deckblatt + 2 Blatt)



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

IBES BAUGRUNDINSTITUT GMBH
FRITZ-VOIGT-STR. 4
67433 NEUSTADT A.D. WEINSTRASSE

Datum 15.09.2016
Kundennr. 27014775

PRÜFBERICHT 1999121 - 555418

Auftrag 1999121 16.376.1
Analysennr. 555418 Wasser
Probeneingang 12.09.2016
Probenahme 07.09.2016
Probenehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung WP 1

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Grenzwert Methode

Sensorische Prüfungen

Färbung (Labor)		farblos			DIN EN ISO 7887 (C 1)
Trübung (Labor)		stark getrübt			visuell
Geruch (Labor)		ohne			DEV B1/2

Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		7,50	0		DIN EN ISO 10523 (C 5)
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	483	10		DIN EN 27888 (C 8)
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	539	10		DIN EN 27888 (C 8)

Kationen

Ammonium (NH ₄)	mg/l	<0,03	0,03		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Calcium (Ca)	mg/l	61	1		DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Magnesium (Mg)	mg/l	36	1		DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	3,6	1		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Nitrat (NO ₃)	mg/l	<1,0	1		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Sulfat (SO ₄)	mg/l	11	2		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	<0,05	0,05		DIN 38405-27 (D 27)
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	6,29	0,1		DIN 38409-7-1 (H 7-1)
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	5,93	0,1		DIN 38409-7-1 (H 7-1)

Summarische Parameter

Oxidierbarkeit (KMnO ₄ -Verbrauch)	mg/l	0,7	0,5		DIN EN ISO 8467 (H 5)(BB) u)
KMnO ₄ -Index (als O ₂)	mg/l	0,18	0,13		DIN EN ISO 8467 (H 5)

Berechnete Werte

Carbonathärte	°dH	16,8	0,3		Berechnung
Carbonathärte	mg/l CaO	168			Berechnung
Nichtcarbonathärte	°dH	<0,0	0		Berechnung
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	<0,00	0		Berechnung
Gesamthärte	°dH	16,8	1		Berechnung
Gesamthärte	mg/l CaO	168			Berechnung
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	<1	1		DIN 4030
Gesamthärte (Summe Erdalkalien)	mmol/l	3,00	0,18		Berechnung
Betonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030)		nicht angreifend			DIN 4030

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



Datum 15.09.2016
Kundennr. 27014775

PRÜFBERICHT 1999121 - 555418

u) Vergabe an ein akkreditiertes Agrolab-Gruppen-Labor

' Nitrat: Messung mittels automatisierter Photometrie.

AGROLAB Labor GmbH, Barbara Bruckmoser, Tel. 08765/93996-24
barbara.bruckmoser@agrolab.de
Kundenbetreuung

Agrolab-Gruppen-Labore

Untersuchung durch

(BB) AGROLAB Standort Eching / Ammersee, Moosstrasse 6 a, 82279 Eching / Ammersee, für die zitierte Methode akkreditiert nach ISO/IEC 17025:2005, Akkreditierungsurkunde: D-PL-14289_01_00

Methoden

DIN EN ISO 8467 (H 5)

Beginn der Prüfungen: 12.09.2016

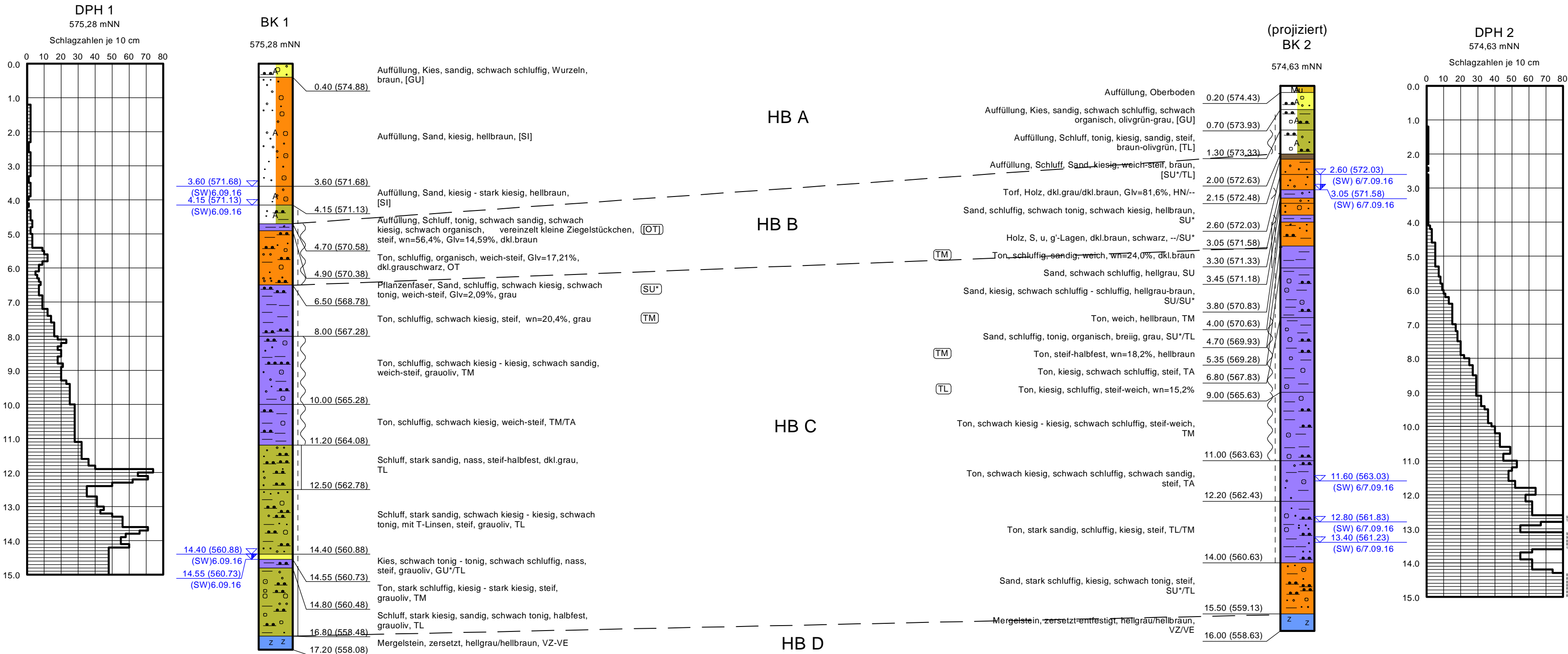
Ende der Prüfungen: 15.09.2016

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



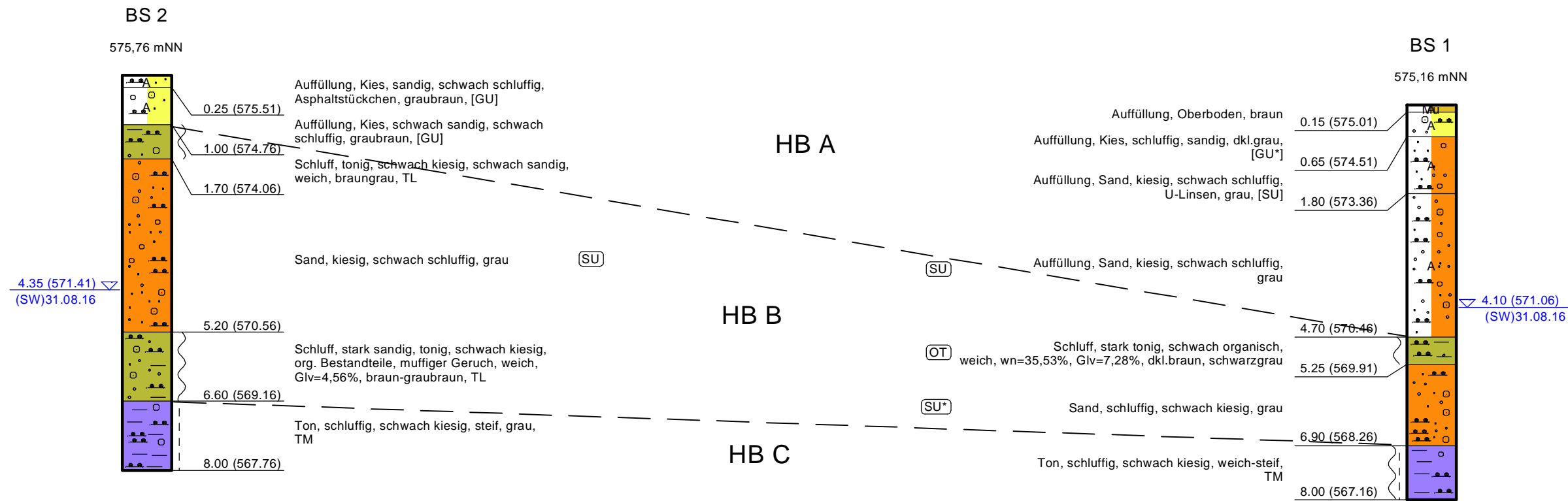
Ingenieurgeologischer Schnitt A-A
mit Homogenbereichen

M. 1:500/100





Ingenieurgeologischer Schnitt B-B
mit Homogenbereichen
M. 1:500/100





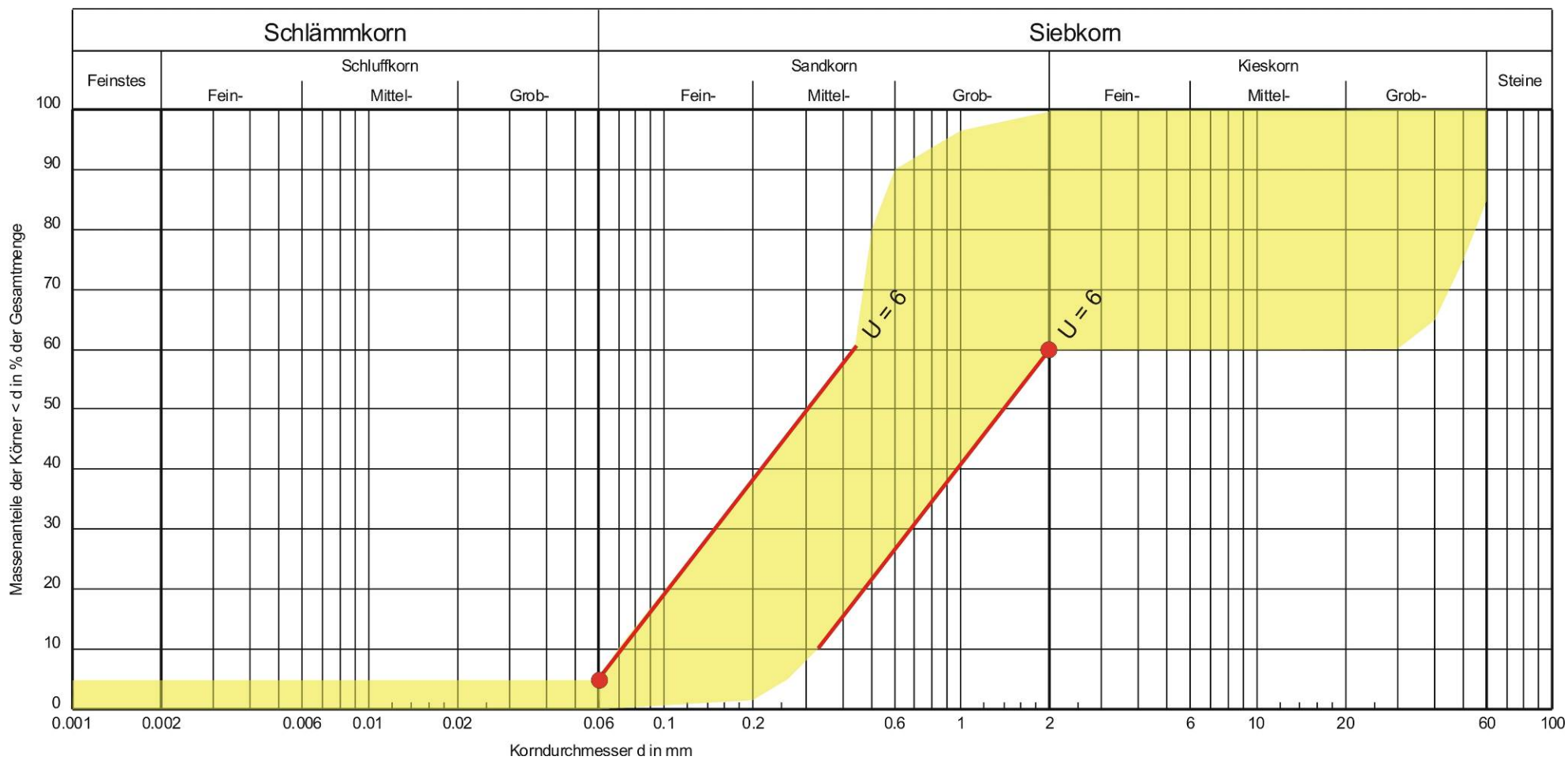
				HOMOGENBEREICHE / BODENSCHICHTEN														
Nr.	Eigenschaften	Anmerkung	Kürzel [Einheit]	HB A					HB B					HB C				HB D
1	Schichtnummer / Schichtkomplex	-	-	1	1	1	1	1	2		2	2	2	2	3	3	3	4
2	Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden, Auffüllung, quartäre Sande etc.	-	Auffüllung (Oberboden)	Auffüllung (Kiessand)	Auffüllung (Kiessand)	Auffüllung (Schluff, Schluffsand)	Auffüllung (Organogene Böden)	Org. Deckschicht (Schluffsand)		Organ. Deckschicht (Sand)	Organ. Deckschicht (Organogene / Bindige Böden)	Organ. Deckschicht (Schluff, Schluffsand)	Organ. Deckschicht (Schluff, Schluffsand)	Geschiebmergel (Schluff/Ton)	Geschiebmergel (Schluff/Ton)	Geschiebmergel Kiessand)	Süßwassermolasse (Mergelstein)
3	Bodengruppe nach DIN 18196 (Gesteinsmerkmal)	-	-	[OH]	[GU*]	[GU], [SI], [SU]	[SU*/TL], [TL]	[OT]	SU*		SU	TL, OT	TM	HN, (HZ)	TL, TM	TA	GU*/TL, SU*/TL	(VE)
4	Bodengruppe nach DIN 18915	-	-	Bodengruppe 1 (organischer Boden)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 (s. Anhang "graphische Darstellung der Körnungsbänder") ¹⁾	Körnungsband	-	-	KSB 7	KSB 5, KSB 3, KSB 6	KSB 9, (KSB 8)	-, (KSB 9)	KSB 8	KSB 8	KSB 6	KSB 9, -	KSB 9, (KSB 8)	-	KSB 9	KSB 9	KSB 7, KSB 8, (KSB 9)	-
6	Massenanteil Steine, Blöcke, und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1 ²⁾	Steine (63 - 200 mm) Blöcke (200 - 630 mm) große Blöcke (> 630 mm)	[M.-%]	< 10 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 5 k.A. k.A.	< 5 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 5 k.A. k.A.	< 5 k.A. k.A.	< 5 k.A. k.A.	< 15 k.A. k.A.	< 15 k.A. k.A.	< 15 k.A. k.A.	-
7	Mineralogische Zusammensetzung nach DIN EN ISO 14689	Tonminerale, Quarzanteil etc.	[M.-%]	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
8	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	-	I _c [-]	-	n.b.	n.b.	0,5 - 1,0	(0,75 -1,0)	n.b.	0,5 - 1,0	n.b.	0,5 - 1,0, (0,5 - 1,0)	0,1 - 0,5	-	> 0,5	0,5 - 1,0	0,75 - 1,0	n.b.
9	Konsistenz DIN EN ISO 14688-1	-	w _L [-] w _p [-]	-	n.b.	n.b.	0,10 - 0,35 (> 0,3)	(> 0,5) (> 0,3)	n.b.	0,10 - 0,35 < 0,20	n.b.	0,10 - 0,35 , (> 0,5) < 0,20 , (> 0,3)	0,1 - 0,5 < 0,4	n.b.	0,1 - 0,5 < 0,4	> 0,5 < 0,4	< 0,3 < 0,15	n.b.
10	Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	-	I _p [-]	-	n.b.	n.b.	0,1 - 0,3	> 0,4	n.b.	0,1 - 0,3	n.b.	0,1 - 0,3 , > 0,4	0,1 - 0,4	n.b.	0,1 - 0,4	> 0,2	< 0,2	n.b.
11	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 (oberhalb des Grundwasserspiegels)	-	w [%]	-	10 - 20	10 - 20	15 - 40	> 40	10 - 20	15 - 40	10 - 20	15 - 40, > 40	15 - 50	n.b.	15 - 40	15 - 30	15 - 40	n.b.
12	bezogene Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14688-2	-	I _D [%]	-	sehr locker - locker 0 - 35	sehr locker - locker 0 - 35	n.b.	n.b.	sehr locker - locker 0 - 35	n.b.	locker - mitteldicht 15 - 65	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
13	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	-	[t/m³]	1,6 - 1,8	1,8 - 2,0	1,8 - 2,0	1,9 - 2,1	1,6 - 1,9	1,8 - 2,0	1,9 - 2,1	1,8 - 2,0	1,8 - 2,0; 1,6 - 1,9	1,8 - 2,0	1,3 - 1,7	1,9 - 2,1	1,9 - 2,1	1,0 - 2,1	2,3 - 2,7
14	Organische Bestandteile nach DIN 18128	-	V _{GL} [%]	-	< 10	< 10	< 10	10 - 30	< 10	< 10	< 10	< 5, 5 - 30	< 5	> 20	< 5	< 5	< 5	n.b.
15	Benennung / Beschreibung organischer Böden nach DIN EN ISO 14688-1	faseriger Torf, zersetzter Torf, Mудde etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	faseriget Torf, (zersetzter Torf, Holz)	-	-	-	-
16	Kohäsion nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 oder DIN 18137-3	-	c _k [kN/m²]	-	(0 - 2)	0	2 - 8	2 - 10	(0 - 2)	2 - 8	0	2 - 10	0 - 10	0 - 5	2 - 20	5 - 40	0 - 2	> 10
17	Undrainierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2	-	c _u [kN/m²]	-	n.b.	n.b.	20 - 50	10 - 40	n.b.	20 - 50	n.b.	10 - 50	5 - 40	5 - 30	20 - 100	20 - 80	n.b. (< 80)	> 100
18	Sensitivität nach DIN 4094-4	-	S [-]	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
19	Kalkgehalt nach DIN 18129	-	V _{ca} [M.-%]	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
20	Sulfatgehalt nach DIN EN 1997-2	-	SO ₄ [mg/l]	-	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
21	Abrasivitätsbezeichnung Abrasivität nach NF P18-579 Abrasivität nach NF P94-430-1	-	- A _{BR} [g/t] CAI [0,1mm]	-	(schw.) abrasiv 100 - 500	(stark) abrasiv 200 - 1.000	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	(schw.) abrasiv 100 - 500	(schw.) abrasiv 100 - 500	(stark) abrasiv 200 - 1.000	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	nicht/kaum abrasiv 0 - 100	(schw.) abrasiv 100 - 500	(sehr) stark abrasiv 1,0 - 4,0
22	Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130-1 oder DIN 18130-2	-	k _f [m/s]	-	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶ - 10 ⁻³	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶ - 10 ⁻³	< 10 ⁻⁷ , 10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	< 10 ⁻⁷	< 10 ⁻⁸	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁵	k.A.
23	Benennung Fels nach DIN EN ISO 14689-1	genetische Einheit, geologische Struktur etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sedimentär geschichtet, fein- bis sehr grobkörnig
24	Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN ISO 14689-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	zerfallen
25	Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	σ _u [MN/m²]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	> 5
26	Spaltzugfestigkeit	-	σ _{L, sg} [MN/m²]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	k.A.
27	Trennflächenrichtung, -abstand und Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	Fallrichtung, Fallwinkel, Schicht-/Kluftflächenabstand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	k.A.
28	Öffnungsweite nach DIN EN ISO 14689-1 Kluftfüllung nach DIN EN ISO 14689-1	Beschreibung der Öffnungsweite Boden, Minerale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	k.A.

¹⁾ Darstellung als Kornsummenband (zulässiger Sieblinienbereich für die jeweilige(n) Bodengruppe(n))

²⁾ Mit BS nicht aufschließbar, bei BK u. U. zerbohrt ⇒ Massenanteil nur grob abschätzbar, Differenzierung zw. Steinen und Blöcken nicht möglich (vgl. auch Hinweise in DIN EN ISO 14688-1)

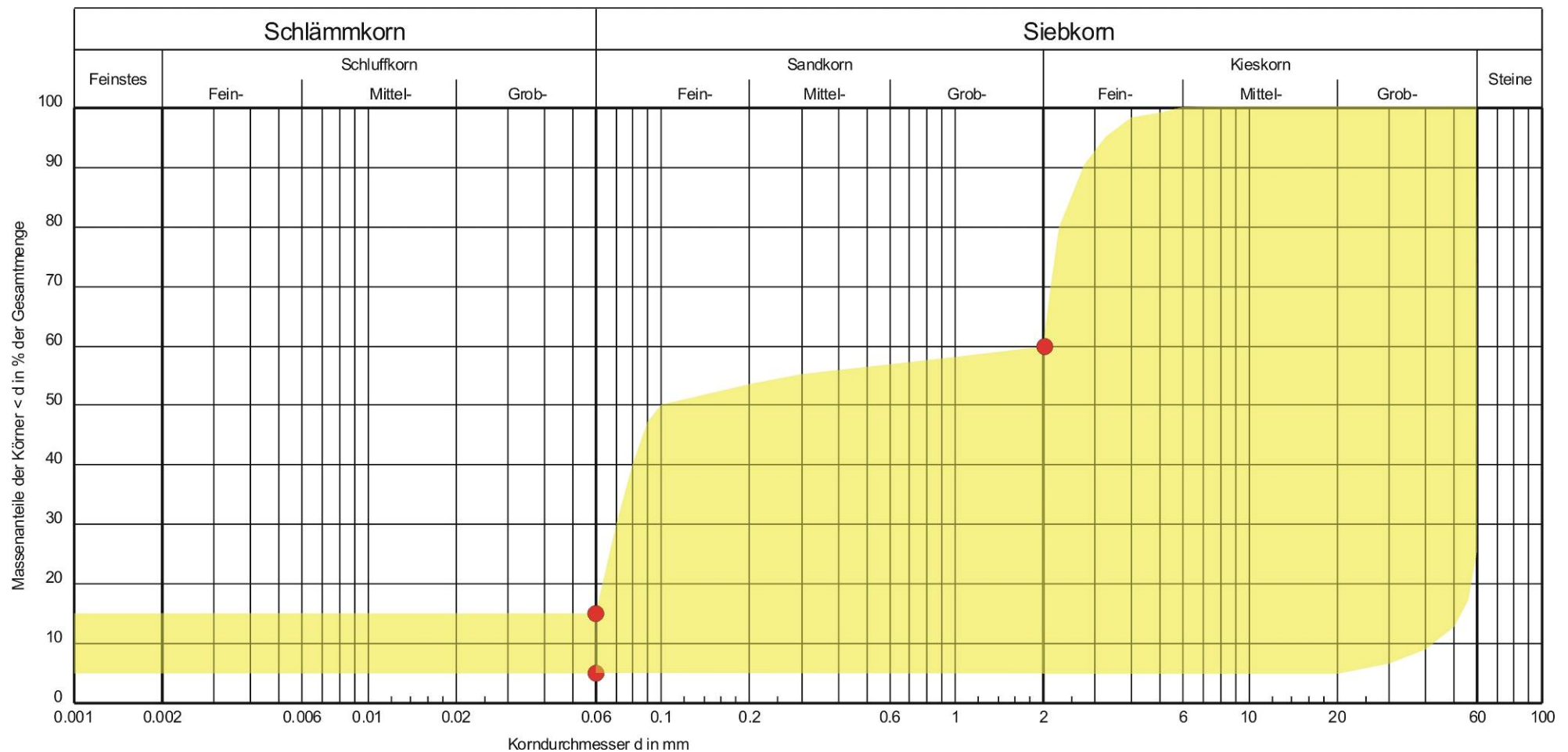
k.A. keine Angabe

n.b. nicht bestimmbar



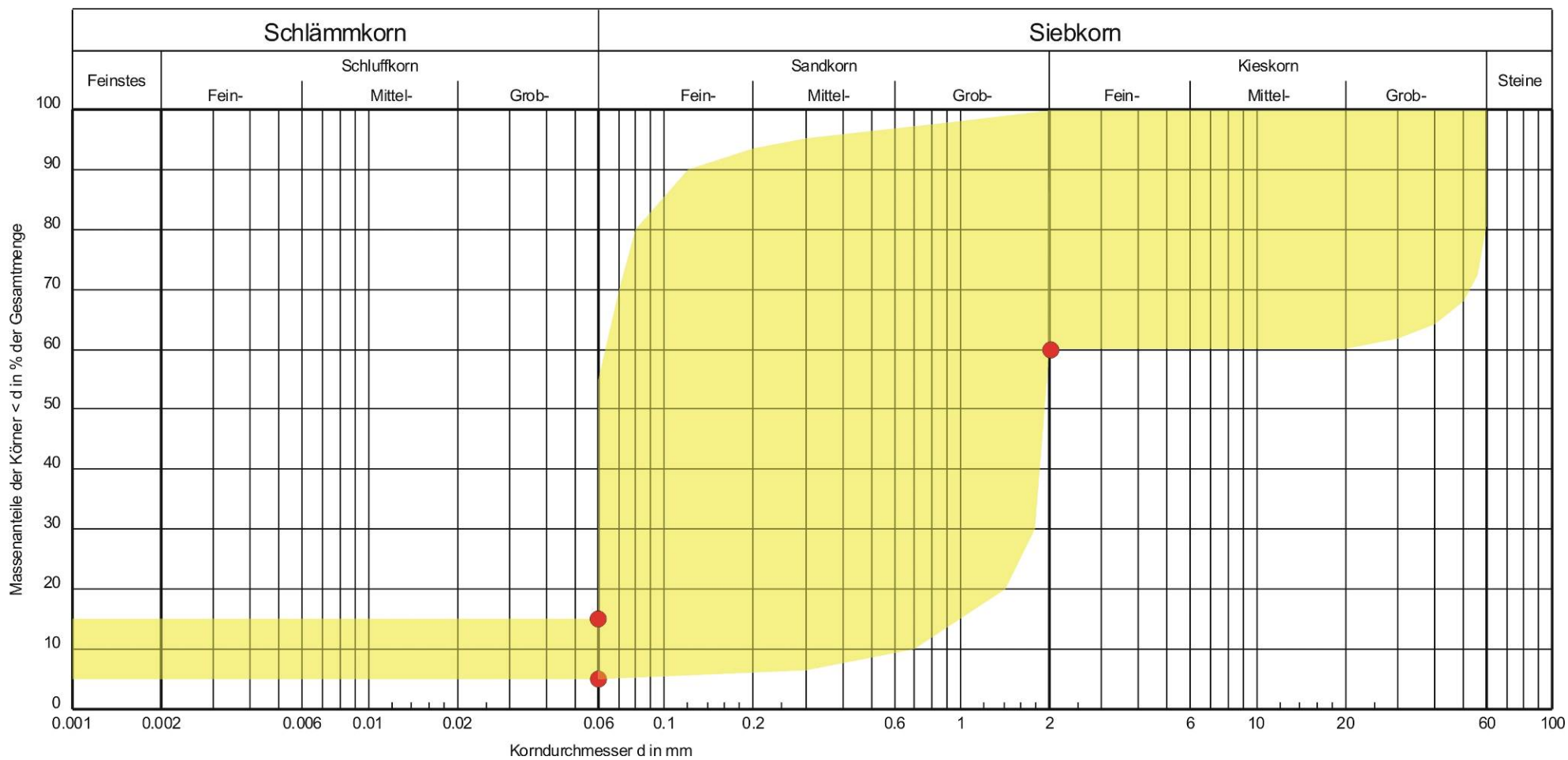
Kornsummenband 3: SW und SI





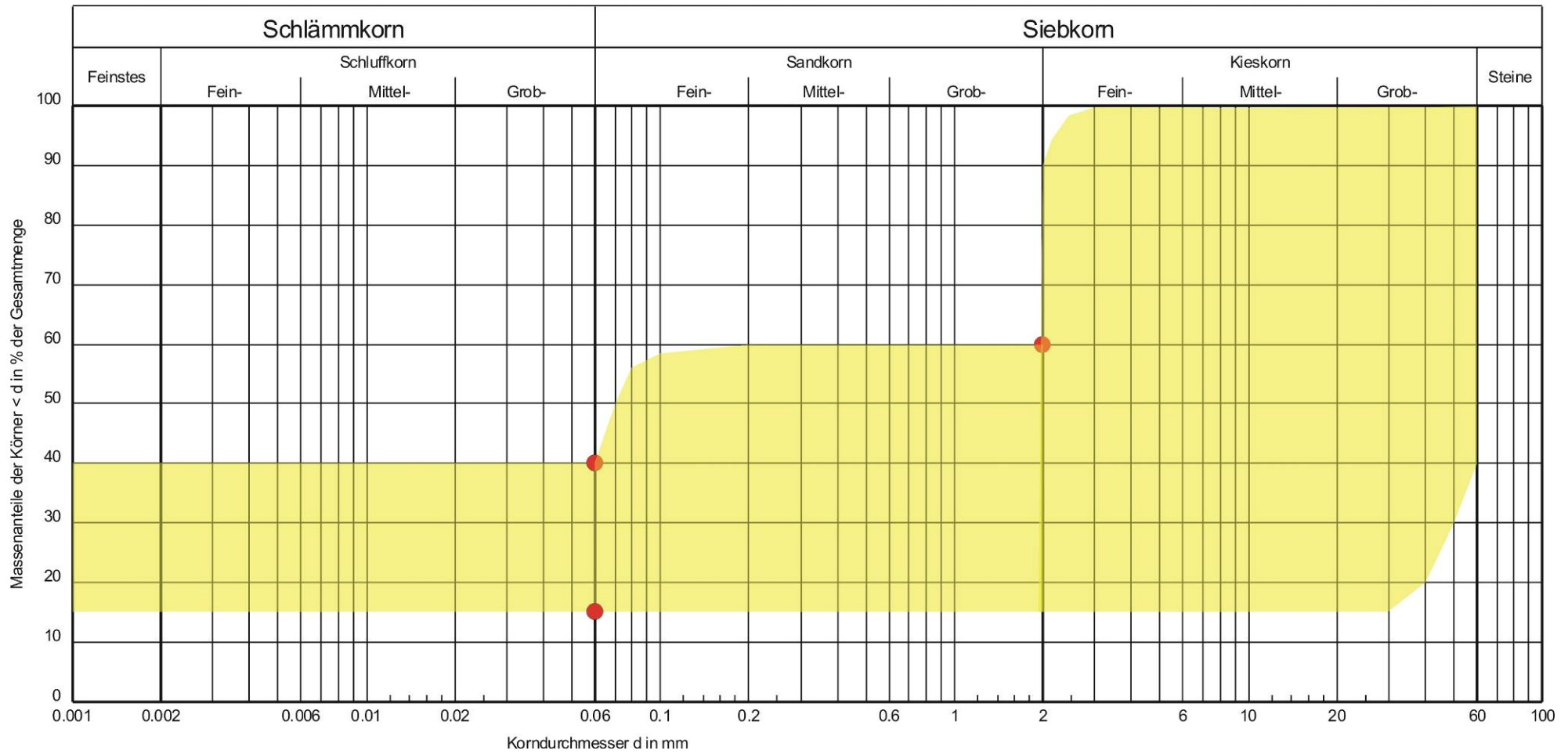
Kornsummenband 5: GU und GT





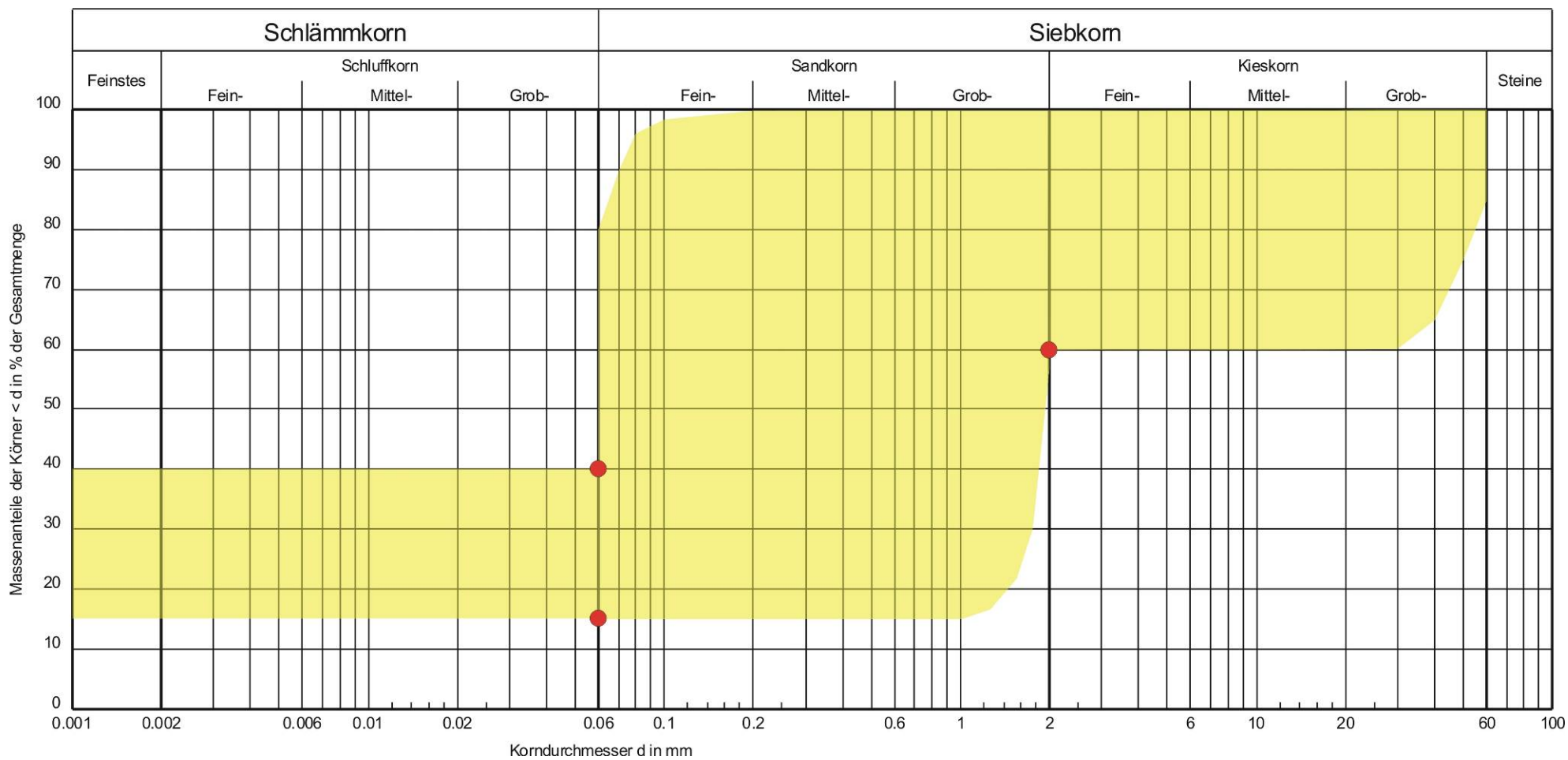
Kornsummenband 6: SU und ST





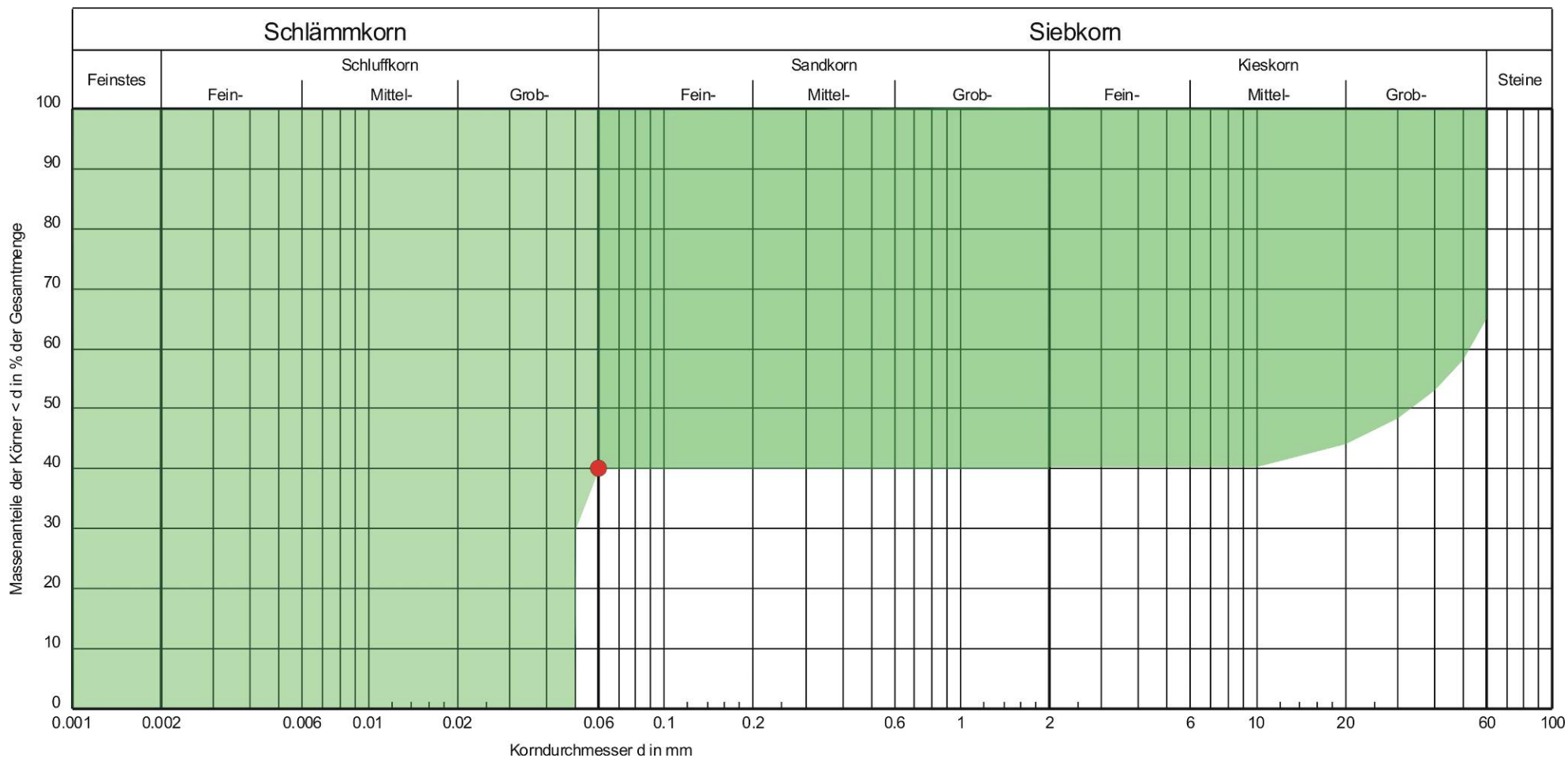
Kornsummenband 7: GU* und GT*





Kornsummenband 8: SU* und ST*





Kornsummenband 9: UL bis TA

