

# 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, Fachgebiet A3, I3

**Projekt:** Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

**Auftraggeber:** Verbandsgemeindeverwaltung Lambrecht (Pfalz)  
(im Auftrag der Ortsgemeinde Weidenthal)  
Sommerbergstraße 3  
67466 Lambrecht (Pfalz)

**Auftrag vom:** 12.07.2016

**Ihr Zeichen:** 620-00/3/Pa/Ts

**IBES-Projekt-Nr.:** 16.424.1

**Ort und Datum  
des Gutachtens:** Neustadt/Weinstr., 29.03.2017 bö/wei

**Dieses Gutachten umfasst 85 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





<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Vorgang	- 4 -
2	Unterlagen	- 4 -
3	Baugelände und Baumaßnahme	- 5 -
3.1	Baugelände	- 5 -
3.2	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	- 7 -
4.5	Durchgeführte Baugrundaufschlüsse	- 7 -
4.6	Bodenart und Schichtenfolge	- 8 -
4.7	Festigkeit, Dichten	- 9 -
4.8	Hydrogeologische Verhältnisse	- 9 -
4.8.1	Grundwasserstände	- 9 -
4.8.2	Wasserbeschaffenheit	- 10 -
4.8.3	Durchlässigkeiten des Baugrundes	- 11 -
4.8.4	Versickerung von Oberflächenwasser	- 11 -
5	Geotechnische Baugrundkenngößen	- 11 -
6	Gründungsempfehlungen	- 15 -
6.1	Allgemeines und Beurteilung der Baugrundverhältnisse	- 15 -
6.2	Bauwerksgründung	- 16 -
6.2.1	Streifen- / Einzelfundamente	- 16 -
6.2.1.1	Allgemeines	- 16 -
6.2.1.2	Fundamentstreifen Stützwand ~ Bau-km 0+089 - 0+114	- 17 -
6.2.1.3	Fundamentstreifen Widerlager „Achse 0“	- 18 -
6.2.1.4	Einzelfundamente Stützen Achsen 2 / 5 / 6	- 18 -
6.2.1.5	Fundamentstreifen Widerlager „Achse 50“ / SW ~ Bau-km 0+280 - 0+320	- 19 -
6.2.2	Elastisch gebettete Bodenplatten (WL „Achse 0“ / „Achse 50“)	- 20 -
6.2.3	Bohrpfahlgründung	- 20 -
7	Bauhilfskonstruktionen	- 24 -
7.1	Allgemeines	- 24 -
7.2	Frei geböschte Baugrubenwände	- 24 -
7.3	Verbau	- 26 -



---

8	Hinweise zur Ausführung der Anrampungen	- 27 -
9	Empfehlungen zum Straßenbau	- 29 -
10	Wasserhaltung	- 29 -
11	Hinweise zur Bauausführung	- 31 -
12	Schlussbemerkungen	- 32 -

### **Anlagenverzeichnis**

1	Auszug aus den topographischen Karten, Blatt 6513 Hochspeyer und Blatt 6514 Bad Dürkheim-West, 1980 / 1995, M. 1 : 25.000 (1 Blatt)
2	Lageplan mit Erkundungspunkten, M. 1 : 500 (1 Blatt)
3	Fotodokumentation (12 Blatt)
4	Legende, Bohr- / Schurfprofile, Rammdiagramme, M. 1 : 100 / M. 1 : 50 (12 Blatt)
5	Ingenieurgeologischer Schnitt, M. 1 : 200 (1 Blatt)
6	Bodenmechanische Laborversuche (11 Blatt)
7	Wasseranalysen nach DIN 4030 - Prüfberichte (5 Blatt)
8	Darstellung der Homogenbereiche nach DIN 18300 – Ingenieurgeologischer Schnitt (M. 1 : 200) / Kennwerttabelle / Kornsummenbänder (10 Blatt)



## 1 Vorgang

Die Ortsgemeinde Weidenthal plant zur Verbesserung der Verkehrsführung die Beseitigung des Bahnüberganges Wp 90 in Weidenthal, und zur Aufrechterhaltung der gegenwärtigen Verkehrsführung die Errichtung eines Brückenbauwerkes als Ersatzbauwerk.

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 erforderlich. Hierzu müssen Baugrundaufschlüsse durchgeführt sowie in begleitenden Laboruntersuchungen die bodenmechanischen Baugrundkennwerte festgelegt werden.

Das IBES Baugrundinstitut wurde mit Datum vom 12.07.2016 von der Verbandsgemeindeverwaltung Lambrecht (Pfalz) im Auftrag der Ortsgemeinde Weidenthal mit der Durchführung der Baugrunderkundung sowie der Ausarbeitung eines Baugrund- und Gründungsgutachtens beauftragt. Das Gutachten beinhaltet u. a. eine Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, Angaben zu den bodenmechanischen Kennwerten, Gründungs- und Ausführungsvorschläge und Hinweise zu baubetrieblichen Belangen. Die Durchführung chemoanalytischer Untersuchungen und die abfallrechtlichen Bewertungen potentieller Abtrags- und Aushubmaterialien waren zunächst nicht Gegenstand der Beauftragung.

## 2 Unterlagen

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

- [1] Topographische Karten, Blatt 6513 Hochspeyer und Blatt 6514 Bad Dürkheim-West, 1980 / 1995, M. 1 : 25.000
- [2] Geologische Übersichtskarte der Pfalz, M. 1 : 200.000, Speyer, 2002
- [3] Lageplan, Vorplanung, Plan-Nr. L 1, M. 1 : 500, Verfasser: Schönhofen Ingenieure Kaiserslautern, Stand der Bearbeitung: Oktober 2015
- [4] Höhenplan, Vorplanung, Plan-Nr. H 1, M. 1 : 500/50, Verfasser: Schönhofen Ingenieure Kaiserslautern, Stand der Bearbeitung: März 2015
- [5] Draufsicht / Längsschnitt / Regelquerschnitte / Ansichten, Vorplanung, Plan-Nr. BW 1, M. 1 : 200/10/50, Verfasser: Schönhofen Ingenieure Kaiserslautern, Stand der Bearbeitung: Januar 2015
- [6] Bauwerksskizze Stützwände, Vorplanung, Plan-Nr. BW 2, M. 1 : 100, Verfasser: Schönhofen Ingenieure Kaiserslautern, Stand der Bearbeitung: Januar 2015
- [7] Grundwasserpegeldaten, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, Abteilung Wasserwirtschaft ([www.geoportal-wasser.rlp.de](http://www.geoportal-wasser.rlp.de))
- [8] Pläne der Ver- und Entsorgungsträger



### **3 Baugelände und Baumaßnahme**

#### **3.1 Baugelände**

Das Baugelände befindet sich am südöstlichen Randbereich der Ortsgemeinde Weidenthal zwischen der Bundesstraße 39, die im Ortsbereich als „Hauptstraße“ benannt ist, im Norden und der „Weisenbachstraße“ im Süden. Südöstlich befindet sich der alte Bahnhof von Weidenthal, in ca. 30 m bis 40 m Entfernung zur Bundesstraße fließt der Hochspeyerbach. Bei ca. Bau-km 0+190 überführt ein Brückenbauwerk die Weisenbachstraße über den Hochspeyerbach. Der Bereich der Weisenbachstraße ist südwestlich der Bahngleise beidseitig durch Wohnbebauung geprägt, darüber hinaus dominieren älterer Baumbestand und Grünflächen.

Der Hang des Hochspeyerbachtals bzw. die Trasse der Weisenbachstraße steigen im Projektareal nach Südwesten hin deutlich an, der Höhenunterschied zwischen den Erkundungspunkten BK/DPH 1 bzw. BK/DPH 2 (Randbereich Bundesstraße) und BS 11 (Anschluss Weisenbachstraße) beträgt dabei ca. 10,0 m.

Die Anlage 1 zeigt einen Ausschnitt aus den topographischen Karten [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 Baumaßnahme**

Bei dem Neubau handelt es sich um eine sechsfeldrige Stahlbetonkonstruktion (2 Widerlager, 5 Mittelstützen) mit einer Gesamtlänge von ca. 227 m (inkl. Rampen) und Stützweiten zwischen ca. 19,4 m und 24,0 m. Der Überbau soll dabei teils in Spannbeton-, teils in Verbundbauweise ausgeführt werden. Die lichte Höhe im Bereich der Gleisanlagen (Strecke 3280) ist in [4] mit > 6,7 m angegeben.

Das geplante Brückenbauwerk schließt unmittelbar nordwestlich des Anwesens „Hauptstraße 226“ an die Bundes- / Hauptstraße an. Es verläuft zunächst ca. 90 m parallel zur Fahrbahn, schwenkt dann in einem Bogen über den Hochspeyerbach und die Bahngleise, und bindet ca. 90 m südwestlich des Bahnüberganges an die Weisenbachstraße an.

Die Anrampungen im Bereich zwischen Widerlager und Fahrbahn bedingen in Teilbereichen die Anordnung von Stützwänden, teils werden freie Böschungen ausgebildet. Konkret ist im Anschluss zur B 39 zwischen Gewässer und Bauwerk auf ca. 44 m Länge (ca. Bau-km 0+280 bis Bau-km 0+316) die Anordnung von Winkелеlementen vorgesehen, die Höhen zwischen ca. 4,5 m und 8,0 m aufweisen. Im Bereich zwischen Bundesstraße und Brückenbauwerk wird hier das Gelände frei geböscht. Das anschließende Widerlager (WL Achse 50) erstreckt sich bis ca. Bau-km 0+260 und ist als oben offenes Rahmenbauwerk ausgebildet.

In der Weisenbachstraße bedingt die Bestandsbebauung die Sicherung des Geländesprunges im südlichen Rampenbereich zwischen ca. Bau-km 0+089 und Bau-km 0+114 durch eine Schwerkgewichtswand. Auch hier ist die Anordnung von Winkelstützelementen vorgesehen, die Höhen zwischen ca. 1,3 m und 4,8 m aufweisen. Auf der gegenüberliegenden Seite wird das Gelände frei geböscht. Das anschließende Widerlager (WL Achse 0) weist desgleichen einen U-förmigem Grundriss auf, ist als Rahmenbauwerk ausgebildet und reicht bis ca. Bau-km 0+121.



Die Baumaßnahme ist vorläufig in die geotechnische Kategorie 2-3 einzustufen. Die Einstufung und daraus resultierenden Anforderungen sind im Zuge der Projektbearbeitung aufgrund weiterer Ergebnisse geotechnischer Untersuchungen, Berechnungen und Bauausführungen zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

## **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 18300ff (Ausgabe 2015) gilt für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen. Boden und Fels sind entsprechend ihrem Zustand 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 Bericht werden bei der Festlegung der Homogenbereiche vordergründig bodenmechanische Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden und bautechnische Belange berücksichtigt (siehe Anlage 8). 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 Baugelände liegt im Pfälzer Wald im Hochspeyerbachtal. Oberflächennah stehen hier fluviale Ablagerungen an (Schluff, Sand, Ton). Die Talsohle hat sich bis in den Annweiler Sandstein des Zechstein eingetieft. Die Talhänge werden von den Trifels- und Rehbergschichten des Buntsandsteins in Form rötlicher bzw. rötlich-grauer Grobsandsteine gebildet. Der anstehende Fels wird von einer sandig-schluffigen Verwitterungsdecke mit Sandsteinen überlagert. Im Bereich vorhandener Überbauung sind künstliche Auffüllungen verbreitet.



#### 4.4 Erdbebenzone, Baugrund- und Untergrundklasse

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

- Erdbebenzone 0
- Geologische Untergrundklasse R
- Baugrundklasse B

#### 4.5 Durchgeführte Baugrundaufschlüsse

Zur Feststellung der Baugrund- und Gründungssituation wurde zwischen dem 13. und 25.10.2016 folgendes Erkundungsprogramm durchgeführt:

- Gewerbliche Bohrungen (BK,  $\varnothing$  178 mm), t = 15,0 m - 20,0 m: 7 Stck.
- Bohrsondierungen (BS,  $\varnothing$  36 – 60 mm), t = 2,1 m - 6,0 m: 4 Stck.
- Schwere Rammsondierungen (DPH), t = 7,6 m - 15,0 m: 8 Stck.

Die Wahl der Erkundungspunkte erfolgte unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung, der örtlichen Gegebenheiten, behördlicher Auflagen und der Lage von Versorgungsleitungen (Kabel etc.). Zur Vermeidung von Schäden an vorhandenen Erdkabeln wurde vor Ausführung der Trockendrehbohrungen für die Kampfmitteluntersuchungen sowie im Weiteren der Baugrundbohrungen und Kleinbohrungen vorsorglich bis mind. 1,2 m unter GOK händisch vorgeschachtet.

Sämtliche Ansatzpunkte der Baugrund- und Bauwerksaufschlüsse wurden von IBES lage- und höhenmäßig eingemessen und können der Anlage 2, 4 und der Anlage 5 entnommen werden. Als Höhenbezugspunkt dienten diverse Höhenfixpunkte aus [8].

Aus dem Bohrgut wurden - neben einer Asphaltprobe - insgesamt 84 gestörte Bodenproben entnommen und zur Unterstützung der Bodenansprache an ausgesuchten Bodenproben folgendes Laborprogramm durchgeführt:

- 19 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 Anlage 6.1
- 1 x Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122, Teil 1 Anlage 6.2
- 1 x Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121, Teil 1 Anlage 6.3

Die Ergebnisse der Felderkundungen sind in der Anlage 4 als Bohrprofile sowie Rammdiagramme und in der Anlage 5 in Form eines ingenieurgeologischen Schnittes dargestellt. Die Anlage 8 enthält die (vorläufige) Festlegung der Homogenbereiche.



## 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**
- **Deckschichten**
- **Sande / Kiese**
- **Festgestein (Buntsandstein)**

**Auffüllungen** wurden im Baufeld bis maximal ca. 3,5 m Tiefe aufgeschlossen. Sie sind, teils überdeckt von einer geringmächtigen Oberbodenauflage, überwiegend sandig / kiesig geprägt - wobei der Kiesanteil vornehmlich aus Sandsteinbruch besteht - und weisen unterschiedliche Feinkorngehalte auf. Lokal sind den Böden Steine eingelagert bzw. weisen die Auffüllungen anthropogene Bestandteile in Form von Schlacke-, Ziegel und Keramikresten auf. Nur sehr untergeordnet wurden organische Substanzen festgestellt.

Im Bereich von Verkehrsflächen besteht die Oberflächenbefestigung als oberster Teil der Auffüllung aus ca. 8 cm dicken Verbundsteinen (Gehwegbereich bei BK 5 / BS 10) bzw. einer 5 cm dicken Schwarzdecke (Zufahrtbereich bei BK 3).

Gemäß der bodenmechanischen Ansprache und den Ergebnissen der orientierenden Laboruntersuchungen handelt es sich bei den Auffüllungen überwiegend um Böden der Bodengruppen [SI], [SE] [SU], [SU/SU\*], [SU\*], [GI] sowie [GU].

Unterlagert werden die aufgefüllten Böden im Bereich BK 6 / BK 7 von **Deckschichten**, die in Form leichtplastisch ausgeprägter, teils stark sandhaltiger Schluffe weich bis steifer, steifer, steif bis halbfester sowie halbfester Konsistenz bis in Tiefen von ca. 3,4 m (BK 7) bzw. 8,0 m (BK 6) aufgeschlossen wurden. Im übrigen Baufeld konnte dieser Schichtkomplex nicht erbohrt werden. Es ist anzunehmen, dass die Decklehmschicht hier geringer war bzw. abgetragen wurde und / oder teils durch Auffüllungsmaterial ersetzt wurde.

Gemäß der bodenmechanischen Ansprache und dem Ergebnis der orientierenden Laboruntersuchung handelt es sich bei den Schluffen um Böden der Bodengruppe TL bzw. TL/SU\*.

Unterhalb der Deckschichten bzw. Auffüllungen folgen kieshaltige **Sande** und sandige **Kiese** vornehmlich rotbrauner Färbung, die unterschiedliche Feinkorngehalte aufweisen und mit den gewerblichen Bohrungen bis in Tiefen zwischen ca. 8,0 m und 15,5 m, mit den Kleinbohrungen bis zum jeweiligen Bohrende (ca. 2,1 m bis 4,5 m unter GOK) aufgeschlossen wurden. Lokal weisen die Kiese einen nennenswerten Anteil an Steinen auf.

Gemäß der bodenmechanischen Ansprache und den Ergebnissen der orientierenden Laboruntersuchungen handelt es sich bei den Sanden und Kiesen um Böden der Bodengruppe SI, SU, SU/SU\*, SU\*, GI und GU sowie GX bzw. GI/GX bei entsprechend hohem Anteil an Steinen.

In o. g. Tiefenbereichen erfolgt der Übergang in das Festgestein, welches den Formationen des **Buntsandsteins** zuzuordnen ist und generell einen Baugrund hoher Tragfähigkeit darstellt. Mit den ausgeführten Kleinbohrungen kann das Festgestein allerdings nicht direkt aufgeschlossen



werden. Hier ist, auch unter Einbeziehung der geologischen und topographischen Verhältnisse, anzunehmen, dass der Bohrabbruch aufgrund massiver Bohrhindernisse in Tiefen zwischen ca. 2,1 m und 4,5 m den Übergang in den Buntsandstein darstellt.

Im unmittelbaren Übergangsbereich ist das Festgestein bindig geprägt (Sandsteinersatz) und weist weitgehend Lockergesteinseigenschaften auf. Dieser Schichtkomplex wurde in Mächtigkeiten zwischen ca. 0,6 m und 2,8 m aufgeschlossen, die Konsistenz der Böden wurde als halbfest angesprochen. Darunter ist der Verwitterungsgrad des Sandsteines als stark bzw. mäßig entfestigt zu bezeichnen. Mit zunehmender Bohrtiefe nimmt die Festigkeit zu bzw. der Verwitterungsgrad ab. Der Sandstein ist als entfestigt bis angewittert, ab Tiefen zwischen ca. 195,4 mNN und 197,2 mNN als angewittert zu bezeichnen.

Unter Zugrundelegung der Erkundungsergebnisse ist zwischen ca. Bau-km 0+316 und 0+145 von einem in etwa horizontalen Verlauf des Festgesteinshorizontes auszugehen, der dann nach Südwesten hin deutlich ansteigt.

#### **4.7 Festigkeit, Dichten**

Auf die Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der angetroffenen Böden kann auf der Grundlage der durchgeführten Rammsondierungen (schwere Rammsonde DPH) Rückschluss gezogen werden. Anhand der Schlagzahlen lassen sich auch Schichtwechsel sowie Konsistenzübergänge nachvollziehen. Wegen der durchgeführten Vorschachtungen konnte die Lagerungsdichte vom jeweiligen Geländeniveau ausgehend generell bis in eine Tiefe von ca. 1,2 m nicht überprüft werden.

Innerhalb der Auffüllung deuten die Schlagzahlen auf eine i. M. lockere, teils sehr lockere Lagerung der Böden hin.

Im Bereich der gewachsenen Sande und Kiese stellen sich die Lagerungsdichten dagegen sehr unterschiedlich dar. Während die Ergebnisse der DPH 6 und DPH 7 mit Schlagzahlen von i. M.  $n_{10-DPH}$  zwischen 8 und 12 auf eine mitteldichte Lagerung hindeuten, erst zur Tiefe mit dem Übergang in das Festgestein dichte Lagerungen vorliegen, kann bei BK 5 (DPH 5) durchgehend eine i. M. dichte Lagerung der Böden angenommen werden. Bei BK 4 (DPH 4) folgt einer mitteldichten bzw. mitteldicht bis dichten Lagerung ab ca. 6,0 m Tiefe eine ausgeprägte Lockerzone, die bis in ca. 10,2 m Tiefe reicht. Erst darunter ist ein deutlicher Anstieg der Schlagzahlen zu verzeichnen. Bei BK 2 (DPH 2) kann von einer mitteldicht bis dichten, bei BK 3 (DPH 3) und BS 8 (DPH 8) von einer i. M. dichten Lagerung der Böden ausgegangen werden. Im Bereich der BK 1 (DPH 1) sind die Sande und Kiese als mitteldicht bis dicht anzusprechen, lokal sind hier geringmächtige Lockerzonen zu beobachten.

Generell erfolgt mit dem Übergang in das Festgestein ein deutlicher Anstieg der Schlagzahlen bzw. waren die Rammsondierungen mit Schlagzahlen  $n_{10-DPH} \gg 100$  ausgerammt.

#### **4.8 Hydrogeologische Verhältnisse**

##### **4.8.1 Grundwasserstände**

Zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten wurde im Rahmen der gewerblichen Bohrungen sowie der Kleinbohrung BS 8 in Tiefen zwischen ca. 0,65 m (BK 4) und 6,15 m (BK 7), entsprechend ca. 208,1 mNN bis 210,8 mNN, Grundwasser eingespiegelt. Auf der Südseite kann dabei, entsprechend dem Geländeverlauf (Hangneigung), von einer geneigten GW-Oberfläche ausgegangen



werden. Auf der Nordseite ist anzunehmen, dass die GW-Oberfläche annähernd horizontal verläuft.

Gemäß den Recherchen bei der Landesanstalt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz zufolge [7] befinden sich im näheren Umfeld keine amtlichen Grundwassermessstellen, so dass auf dieser Grundlage keine entsprechenden Aussagen zu möglichen maximalen Grundwasserständen gemacht werden können.

Gutachterlicherseits kann auf Grundlage der vorhandenen Informationen sowie der Berücksichtigung eines üblichen Sicherheitszuschlages für den Bauzustand ein Bemessungswasserstand von **BHW<sub>Bau</sub> = 209,3 mNN** für das Baufeld nördlich bzw. nordwestlich des Hochspeyerbaches (Bereich BS 8, BK 1 - BK 4), für den Bereich südlich bzw. südwestlich (Bereich BS 9 - BS 11, BK 5 - BK 7) ein Bemessungswasserstand von **BHW<sub>Bau</sub> = 211,0 mNN** angesetzt werden. Im unmittelbaren Nahbereich des Gewässers (Bereich BK 3 / BK 4 / BK 5 bzw. Stützen Achse 2 / Achse 3/4 / Achse 5) muss angenommen werden, dass der GW-Stand unmittelbar mit dem Wasserstand im Fließgewässer korrespondiert. Da der Wasserspiegel im Gewässer innerhalb relativ kurzer Zeiträume stark schwanken kann, und auch in üblicherweise trockenen Monaten größere Hochwasserereignisse auftreten können, sind hier relativ kurzfristig höhere Wasserstände möglich. Um rechtzeitig auf einen kritischen Anstieg des Wasserspiegels (GW / Gewässer) reagieren zu können, sind während der Bauzeit grundsätzlich die Wasserstände für den Hochspeyerbach regelmäßig zu kontrollieren. Aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Maßnahme und der daraus resultierenden natürlichen Schwankungen der GW-Stände innerhalb des Baufeldes, der Nähe zum Fließgewässer sowie dem Fehlen amtlicher GW-Messstellen im Umfeld wird zudem empfohlen, den GW-Stand auch mittels eigener Messungen zu überwachen (GW-Messstelle(n) einrichten).

Für den Endzustand erscheint es sinnvoll, sich an dem „HQ 100 Hochspeyerbach“ zu orientieren, hierzu liegen dem Unterzeichner allerdings keine verwertbaren Abflussdaten vor. Vorab kann, vorbehaltlich dem Vorliegen detaillierterer Informationen bzgl. der (Bach)Wasserstände im Zuge der weiteren Planung, von einem Bemessungswasserstand für den Endzustand von **BHW<sub>End</sub> = 210,5 mNN** (Bereich N / NW) bzw. **BHW<sub>End</sub> = 212,0 mNN** (Bereich S / SW) ausgegangen werden.

Grundsätzlich ist anzunehmen, dass die Stütze „Achse 3/4“ im, die Stützen „Achse 2“ und „Achse 5“ am Rande des Hochwasserbettes (Überflutungsfläche) des Hochspeyerbachs liegen, was bei der Planung entsprechend zu berücksichtigen ist.

#### 4.8.2 Wasserbeschaffenheit

Zur Feststellung/Untersuchung des Wassers auf Betonaggressivität wurde aus den Bohrungen BK 4 und BK 6 jeweils eine Wasserprobe entnommen.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass das Wasser aus beiden Bereichen gemäß DIN 4030 als

#### **nicht betonangreifend**

einzustufen ist. Die Untersuchungsbefunde und die Beurteilungen sind diesem Gutachten als Anlage 7 beigefügt.



### 4.8.3 Durchlässigkeiten des Baugrundes

Die Durchlässigkeitsbeiwerte für die im Baugelände aufgeschlossenen und in den vorhergehenden Abschnitten 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, SE, GI, (GX)	$1 \times 10^{-4}$ bis $1 \times 10^{-2}$	stark durchlässig
SU, GU	$1 \times 10^{-6}$ bis $1 \times 10^{-4}$	durchlässig
SU*	$1 \times 10^{-8}$ bis $1 \times 10^{-6}$	schwach durchlässig
TL, TM	$\leq 1 \times 10^{-7}$	(sehr) schwach durchlässig

Die Durchlässigkeit des Festgesteins wird als gering eingeschätzt.

### 4.8.4 Versickerung von Oberflächenwasser

Versickerungsfähiger Unterbau/Untergrund liegt gemäß Ril 836, Modul 4601 und Modul 4602 vor, wenn Böden mit einer Durchlässigkeit von  $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$  m/s anstehen. Darüber hinaus sollte nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 die Mächtigkeit des Sickerraums - bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) - grundsätzlich mindestens 1 m betragen.

Die vorherrschende hydrogeologische Situation ist im nördlichen bzw. nordwestlichen Baufeld in Bezug zum Grundwasser als ungünstig zu bezeichnen. Südlich bzw. südwestlich vom Hochspeyerbach ist generell ein ausreichender Flurabstand gewährleistet, allerdings weisen die Böden im relevanten Tiefenbereich teils deutlich erhöhte Feinkornanteile auf bzw. erfolgt relativ oberflächennah der Übergang in das Festgestein, die o. g. Anforderung an die Durchlässigkeit ist hier nicht gewährleistet.

Vor diesem Hintergrund sollte von einer gezielten Versickerung von unbelastetem Oberflächenwasser aus Sicht des Unterzeichners abgesehen werden.

## 5 Geotechnische Baugrundkenngrößen

Die anstehenden Bodenarten bzw. Baugrundverhältnisse sind im Abschnitt 4 beschrieben, in der Anlage 4 als Bohrprofile und Rammdiagramme sowie in Anlage 5 in Form eines ingenieurgeologischen Schnittes dargestellt.

Für die mögliche Tiefenlage bzw. Einflusstiefe der Baumaßnahmen und Baugruben einschließlich Verbau können für die angetroffenen Hauptbodenarten die in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellten Bodenkenngrößen 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 / Konsistenzen.

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

Schichtkomplex	Bodenart	Bodengruppe n. DIN 18196	Lagerungsdichte / Konsistenz / Verwitterungsgrad	Wichte, erdfeucht $\gamma (\gamma')$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel $\phi'_k$ [°]	Kohäsion $c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllungen	Sand, teils schluff- / kieshaltig, teils steinhaltig	[SI], [SE], [SU]	i. M. locker	19 (10)	30	-	20-30
	Sand, schluffhaltig, teils kieshaltig	[SU*]		20 (10)	30	-	15-20
	Kies, sandhaltig, teils schluffhaltig	[GI], [GU]		20 (11)	30	-	30-40
Deckschichten	Schluff, sand- / tonhaltig, teils kieshaltig	TL, TL/SU*	(weich-)steif	20 (10)	27,5	5	4-6
			halbfest	21 (11)	27,5	8-12	10
Sande / Kiese	Sand, kieshaltig, teils schluff- / steinhaltig	SI, SU	mitteldicht	20 (11)	32,5	-	40
			dicht	21 (12)	35	-	80
	Sand, schluffhaltig, teils kieshaltig	SU*	mitteldicht	20 (10)	30	-	30
			dicht	21 (11)	30	2	50
	Kies, sandhaltig, teils schluff- / steinhaltig Sand / Kies, schluffhaltig	GI, GU	locker	20 (11)	30	-	40
			mitteldicht	21 (12)	32,5	-	60
			dicht	22 (13)	37,5	-	100
Kies / Steine, sandhaltig	GX, GI/GX	md-dicht	19 (11)	37,5	-	80	
Festgestein (Buntsandstein)	Sandstein zersetzt	TM (VZ)	halbfest	20 (10)	25	12-15	20
		SU*, ST* (VZ)		21 (11)	30	5	40
	Sandstein entfestigt	(VE)	entfestigt	22 (12)	35	10 - 30	> 100
	Sandstein angewittert	(VA)	angewittert	24 (14)	40	> 50	> 150



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 <sup>1)</sup>	Frostempfind- lichkeitsklasse n. ZTVE-StB 09	Verdichtbar- keitsklasse n. ZTVE-Komment.
Auffüllungen	[SI], [SE]; [SU]	F1; F2	V1
	[SU*]	F3	V2
	[GI]; [GU]	F1; F2	V1
Deckschichten	TL, TL/SU*	F3	V3
Sande / Kiese	SI, GI; SU, GU	F1; F2	V1 <sup>2)</sup>
	SU*	F3	V2
	GX, GI/GX	F1	V1 <sup>2)</sup>
Festgestein (Buntsandstein)	TM (VZ)	F3	(V3)
	SU*, ST* (VZ)	F3	(V2)
	(VE)	-	-
	(VA)	-	-

<sup>1)</sup> Gemischtkörnige Böden mit einem Feinkorngehalt über 15 M.-% sowie feinkörnige Böden reagieren empfindlich auf Wassergehaltsschwankungen. Bei mechanischer Beanspruchung treten mitunter empfindliche Tragfähigkeitsverluste durch Aufweicherscheinungen bis hin zur Verfüssigung auf.

<sup>2)</sup> (u. U.) erst nach Aufbereitung (Brechen) der Steine

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.

**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)	$\leq 10$ (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)	$\leq 10$ M. %
Größtkorndurchmesser $d_{max}$	$\leq 100$ mm, in Abhängigkeit von der Schichtdicke
Glühverlust $V_{GI}$	$\leq 3$ M. %
Proctordichte $\rho_{Pr}$	$\geq 1800$ kg/m <sup>3</sup>
Einbau und Verdichtung	lagenweise
Schütthöhe	je nach Verdichtungsgerät 20 - 40 cm
Wichte erdfeucht $\gamma$	18 – 21 kN/m <sup>3</sup>
Scherwinkel $\phi_k'$	$\geq 35^\circ$
Kohäsion $c_k'$	0 kN/m <sup>2</sup>



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 feinkornfreien bzw. schwach schluffigen Auffüllungen und gewachsenen Sande / Kiese (SI, SE, SU, GI, GU, (GI/GX, GX)) entsprechen generell den Anforderungen der Tabelle 4, eine hinreichende Durchmischung der Aushubböden vorausgesetzt. Steine / (Blöcke) erfordern eine entsprechende Aufbereitung (Aussortieren / Brechen).

Die feinkornreichen Sande (SU\*), ebenso wie die Böden der Deckschichten, entsprechen nicht den Anforderungen in Tabelle 4.

Generell sind die Möglichkeiten für eine Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials von planerischer Seite zu prüfen.

#### Fremdmaterial

Fremdmaterialien müssen grundsätzlich die in der Tabelle 4 angeführten Anforderungen erfüllen. Abweichend hierzu wird empfohlen, in überbauten Flächen (z. B. für Bodenaustauschmaßnahmen oder Planumsverbesserungen etc.) auf Materialien der Bodengruppen GW, GI, GE, SW, SI oder SE zurückzugreifen, wobei speziell GE- und SE-Böden aufgrund der ungünstigeren Kornabstufung i. a. einen höheren Verdichtungsaufwand beim Einbau erfordern. Darüber hinaus ist die Kornabstufung ggf. dem erforderlichen Einsatzzweck - z. B. bei Verwendung als Dränmaterial - anzupassen.

Vom Einsatz gemischtkörniger Böden mit Feinteilgehalten über 10 M-% wird abgeraten, da hierbei mit unplanmäßigen, witterungsbedingten Verzögerungen beim Einbau gerechnet werden muss.

Es wird darauf hingewiesen, dass für Bauwerkshinterfüllungen im Druckbereich von Eisenbahnverkehrslasten spezielle Anforderungen gelten.

Güteüberwachtes Recyclingmaterial ( $\leq Z1.1$ ) kann, wenn es den Anforderungen entspricht, chemisch unbedenklich und volumenbeständig ist, aus hydrogeologischer Sicht (vgl. Kap. 4.8) nur eingeschränkt (oberhalb von ca. 211,5 mNN bzw. 213,0 mNN) eingesetzt werden. Eine Abstimmung mit der zuständigen Genehmigungsbehörde wird, auch aufgrund der (teilweisen) Nähe zum Fließgewässer, grundsätzlich empfohlen.



## **6 Gründungsempfehlungen**

### **6.1 Allgemeines und Beurteilung der Baugrundverhältnisse**

Angaben zum Bauablauf liegen derzeit noch nicht vor. Eine detaillierte Planung der Baumaßnahme erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt, u. a. auf Grundlage des vorliegenden Baugrund- und Gründungsgutachtens.

Die Baugrundverhältnisse sind im Abschnitt 4.6 dieses Gutachtens beschrieben. Zusammenfassend ist die Gründungssituation im Bereich des geplanten Bauwerkes unter einem ca. 0,8 m bis 3,5 m mächtigen Auffüllungshorizont bestimmt durch rotbraune Buntsandsteinsande bzw. -Kiese, die innerhalb des Baufeldes teils deutlich unterschiedliche Lagerungsdichten aufweisen. Im südwestlichen Baufeld (Bereich BK 6 / BK 7) werden die Auffüllungen bis in 3,4 m bzw. 8,0 m Tiefe zusätzlich von Schluffböden unterlagert. Im überwiegenden Baufeld erfolgt etwa zwischen ca. 197,2 mNN und 202,5 mNN der Übergang in das hoch tragfähige Festgestein (Buntsandstein). Etwa ab Bauwerksachse „1“ steigt die Felslinie allerdings deutlich nach Südwesten hin an.

Die Baugrundsituation ist vor diesem Hintergrund als relativ uneinheitlich zu bezeichnen, und muss für die jeweiligen Bauwerksbereiche (Widerlager, Pfeiler, Stützkonstruktionen), was die Gründungsmöglichkeiten angeht, getrennt betrachtet werden. Generell gibt es Teilbereiche, in denen aufgrund der nur eingeschränkten Tragfähigkeit der Böden keine Flachgründung realisiert werden kann, bzw. diese nur mit (umfangreichen) Zusatzmaßnahmen (z. B. Bodenaustausch) möglich ist. Andererseits können Bereiche definiert werden, in denen bereits relativ oberflächennah (hoch) tragfähiger Baugrund ansteht. Grundsätzlich ist eine nahezu setzungsfreie Tiefgründung im Festgestein über Bohrpfähle im gesamten Bauwerksbereich möglich. Alternativ können, wenn mit dem planerischen Gesamtkonzept, v. a. in Hinblick auf tolerierbare Setzungen bzw. Setzungsunterschiede vereinbar, innerhalb des Bauwerkes, je nach Gründungssituation, Flach- (Fundamentstreifen, Plattengründung) und Tiefgründungen (Bohrpfähle) im Wechsel ausgeführt werden (Mischgründung).

Das Grundwasser steht auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Informationen, zumindest in Teilbereichen nördlich bzw. nordwestlich des Gewässers, relativ oberflächennah an. Im Extremfall ist hier mit einem Anstieg des Grundwassers bis wenige Dezimeter u. GOK bzw. auch darüber (Überflutungsfläche) zu rechnen. Im Bereich südwestlich des Pfeilers „Achse 2“ ist davon auszugehen, dass die Baumaßnahme nicht durch das GW beeinflusst wird.

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Bauwerksbereiche und die möglichen Gründungsarten zusammenfassend dargestellt, die nachfolgenden Kapitel enthalten detaillierte Angaben / Kennwerte für Flach- und Tiefgründungen.

**Tabelle 5: Gründungsmöglichkeiten**

Bauwerksbereich / Bauteil	Gründungssohle [mNN] <sup>1)</sup>	Flachgründung möglich	Tiefgründung erforderlich	Bemerkung
Stützwand Bau-km 0+089 – 0+114	~ 216,20 bis 218,50	(ja)		Austausch der Schluffböden zwischen ca. Bau-km 0+100 und WL „Achse 0“ bis max. ca. 214,5 mNN
Widerlager „Achse 0“	~ 215,00	(ja)		Austausch der Schluffböden bis ca. 213,5 mNN
Pfeiler „Achse 1“	~ 213,00		ja	Flachgründung aufgrund der eingeschränkt tragfähigen Schluffe nicht möglich
Pfeiler „Achse 2“	~ 212,00	(ja)		Austausch der Auffüllung bis ca. 210,9 mNN
Pfeiler „Achse 3/4“	~ 207,50		ja	Flachgründung aufgrund der ausgeprägten Lockerzone zw. ca. 198,9 mNN und 203,2 mNN nicht möglich
Pfeiler „Achse 5“	~ 208,00	ja		
Pfeiler „Achse 6“	~ 208,00	ja		
Widerlager „Achse 50“	~ 208,00	ja		
Stützwand Bau-km 0+280 – 0+316	~ 208,00 bis 209,00	ja		

<sup>1)</sup> gemäß Angaben in [5] und [6]

## 6.2 Bauwerksgründung

### 6.2.1 Streifen- / Einzelfundamente

#### 6.2.1.1 Allgemeines

Es wird von Streifen- oder Einzelfundamentgründungen in frostfreier Tiefe (s. Tabelle 5) ausgegangen, die mit Hilfe der in den nachfolgenden Tabellen im Sinne des EC 7 angeführten Bemessungswerte  $\sigma_{R,d}$  des Sohlwiderstandes dimensioniert werden können. Dabei wurden die tatsächlichen Setzungen bei einem angenommenen Verkehrslastanteil von 50 % auf  $s_{tats.} = 1$  cm bzw. 2 cm begrenzt und die Fundamentabmessungen innerhalb eines praktikablen Rahmens variiert.

In der untersten Zeile der Tabellen sind jeweils die Bettungsziffern für eine Ausbildung der Fundamentstreifen als elastisch gebettete Balken enthalten.

Die in den Tabellen angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  sind im Sinne des EC 7 zu interpretieren, d. h. sie gelten für effektive Fundamentbreiten ( $b$  bzw.  $b' = b - 2e$ ) und vertikal, mittig belastete Fundamente (Bemessungssituation BS-P). Eine Erhöhung der o. g. Werte ist nicht zulässig. Zwischenwerte, die nicht in den Tabellen ausgewiesen sind, können linear interpoliert werden. Eine Extrapolation 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.

Bei Bodenaustauschmaßnahmen ist zur Berücksichtigung der Druckausbreitung die Bodenersatzschicht allseitig über die Fundamentaußenkanten in einem Druckausbreitungswinkel von 60° gegenüber der Horizontalen hinaus zu verbreitern. Die Aushubsohlen sind generell vor dem Einbringen des Bodenaustausches, des Magerbetons oder der Sauberkeitsschicht mit entsprechendem Gerät intensiv nachzuverdichten.

Generell stellen sich die Setzungen hier nahezu vollständig im Zuge der Lastaufbringung ein.

### 6.2.1.2 Fundamentstreifen Stützwand ~ Bau-km 0+089 - 0+114

Es ist auf Grundlage der Erkundungsergebnisse davon auszugehen, dass die Gründungselemente im Bereich bis etwa Bau-km 0+100 im Festgestein bzw. in dicht gelagerten, hoch tragfähigen Kiesen (Übergangszone) zu liegen kommen. Hier können unter Zugrundelegung einer Einbindetiefe der Fundamentkörper  $\geq 1,1$  m bei Fundamentbreiten bis 2,5 m und einer Beschränkung der Setzungen auf  $s_{\text{Stats.}} \leq 1,0$  cm Sohlwiderstände bis  $\sigma_{R,d} = 800$  kN/m<sup>2</sup> realisiert werden.

Im weiteren Verlauf bis zum Widerlager „Achse 0“ ist davon auszugehen, dass der Felshorizont (deutlich) abfällt, die Gründungssohle in den hier aufgeschlossenen Schluffen zu liegen kommt, deren Mächtigkeit nach Osten hin zunimmt. Zur Gewährleistung einheitlicher Gründungsbedingungen und Reduzierung der Setzungen sind die Schluffböden bis zum Übergang in die mitteldicht gelagerten Sandsteinsande durch qualifiziertes Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Unter Zugrundelegung der Erkundungsergebnisse ergeben sich hier Austauschmächtigkeiten von maximal ca. 1,7 m.

**Tabelle 6:  $\sigma_{R,d}$ -Werte für Streifenfundamente bei Einbindetiefe d / Bodenaustausch (unter GS) t; Bettungsmodul  $k_{sk}$ ; Bereich ~ Bau-km 0+100 bis WL „Achse 1“**

Bemessungskriterium	d [m]	t [m]	Fundamentbreite b [m]				
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $s_{\text{Stats.}} \leq 1$ cm <sup>1)</sup>	$\geq 1,1$	<sup>3)</sup>	700	520	430	340	290
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $s_{\text{Stats.}} \leq 2$ cm <sup>1)</sup>	$\geq 1,1$	<sup>3)</sup>	830 <sup>2)</sup>	810 <sup>2)</sup>	790	620	530
$k_{s,k}$ [MN/m <sup>3</sup> ]	$\geq 1,1$	<sup>3)</sup>	50	35	30	20	

<sup>1)</sup> tatsächliche Setzungen unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktor gemäß DIN 4019 von 2/3 und Fundamentlängen von 5,0 m ... 7,5 m

<sup>2)</sup> Grundbruch maßgebend

<sup>3)</sup> Austausch bis OK Sande (max. ca. 1,7 m)

Als Alternative zum Bodenaustausch bietet sich auch der Einsatz von Magerbeton an mit dem Vorteil, dass auf die Berücksichtigung der Druckausbreitung verzichtet werden kann. In diesem Fall sind die o. g. Werte gem. Vergleichsrechnung um 20 % abzumindern.



### 6.2.1.3 Fundamentstreifen Widerlager „Achse 0“

Für die Bemessung der Fundamente wird die Bohrung BK 7 zugrunde gelegt. Dementsprechend stehen unter Gründungssohle (ca. 215,0 mNN) ca. 1,4 m mächtig eingeschränkt tragfähige Schluffe an, die bei Ausführung einer Flachgründung vollständig auszutauschen sind.

**Tabelle 7:  $\sigma_{R,d}$ -Werte für Streifenfundamente bei Einbindetiefe d / Bodenaustausch (unter GS) t; Bettungsmodul  $k_{sk}$ ; Bereich WL „Achse 0“**

Bemessungskriterium	d [m]	t [m]	Fundamentbreite b [m]				
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $S_{Stats.} \leq 1 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 1,6$	<sup>3)</sup>	670	500	420	320	290
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $S_{Stats.} \leq 2 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 1,6$	<sup>3)</sup>	960 <sup>2)</sup>	920	770	610	520
$k_{s,k}$ [MN/m <sup>3</sup> ]	$\geq 1,6$	<sup>3)</sup>	45	35	30	20	

- 1) tatsächliche Setzungen unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktor gemäß DIN 4019 von 2/3 und Fundamentlängen von 8,0 m
- 2) Grundbruch maßgebend
- 3) Austausch bis OK Sande (max. ca. 1,4 m)

Als Alternative zum Bodenaustausch bietet sich auch hier der Einsatz von Magerbeton an, mit o. g. Vorteil. In diesem Fall sind die Werte der Tabelle 7 gem. Vergleichsrechnung um 20 % abzumindern.

### 6.2.1.4 Einzelfundamente Stützen Achsen 2 / 5 / 6

Für die Bemessung des Einzelfundamentes Stütze „Achse 2“ wird die Bohrung BK 5 zugrunde gelegt. Dementsprechend stehen unter Gründungssohle (ca. 212,0 mNN) ca. 1,1 m mächtig eingeschränkt tragfähige Auffüllungen ([SU\*]) weich/steifer Konsistenz an, die bei Ausführung einer Flachgründung vollständig auszutauschen sind.

**Tabelle 8:  $\sigma_{R,d}$ -Werte für Einzelfundamente bei Einbindetiefe d / Bodenaustausch (unter GS) t; Bettungsmodul  $k_{sk}$ ; Bereich Stütze „Achse 2“**

Bemessungskriterium	d [m]	t [m]	Fundamentbreite b [m] für a/b = 1...2				
			2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $S_{Stats.} \leq 1 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 2,0$	<sup>3)</sup>	810	700	620	560	470
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $S_{Stats.} \leq 2 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 2,0$	<sup>3)</sup>	1100 <sup>2)</sup>	1100 <sup>2)</sup>	1100 <sup>2)</sup>	1050	870
$k_{s,k}$ [MN/m <sup>3</sup> ]	$\geq 2,0$	<sup>3)</sup>	55	50	40		30

- 1) tatsächliche Setzungen unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktor gemäß DIN 4019 von 2/3 und Fundamentlängen von 8,0 m
- 2) Wert gutachterlicherseits begrenzt
- 3) Austausch bis OK gewachsene Sande (max. ca. 1,1 m)

Als Alternative zum Bodenaustausch bietet sich auch der Einsatz von Magerbeton an, in diesem Fall sind die o. g. Werte um 10 % abzumindern.



Für die Bemessung des Einzelfundamentes Stütze „Achse 5“ wird die Bohrung BK 3 zugrunde gelegt. Dementsprechend stehen unter Gründungssohle (ca. 208,0 mNN) mitteldichte, zur Tiefe hin mitteldicht bis dichte Kiese an. Ähnlich zeigt sich die Baugrundsituation im Bereich Stütze „Achse 6“, hier stehen unter Gründungssohle (ca. 208,0 mNN) dicht gelagerte, schwach schluffige Sande an. In beiden Bereichen weisen die Böden eine hohe Tragfähigkeit auf, ein zusätzlicher Bodenaustausch unter Fundamentsohle ist hier nicht erforderlich.

**Tabelle 9:  $\sigma_{R,d}$ -Werte für Einzelfundamente bei Einbindetiefe  $d$  / Bodenaustausch (unter GS)  $t$ ; Bettungsmodul  $k_{sk}$ ; Bereich Stützen „Achse 5“ und „Achse 6“**

Bemessungskriterium	$d$ [m]	$t$ [m]	Fundamentbreite $b$ [m] für $a/b = 1...2$				
			2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $s_{\text{Stats.}} \leq 1 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 2,5$	-	780	680	590	520	430
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $s_{\text{Stats.}} \leq 2 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 2,5$	-	1100 <sup>2)</sup>	1100 <sup>2)</sup>	1080	970	800
$k_{s,k}$ [MN/m <sup>3</sup> ]	$\geq 2,5$	-	55	50	40	35	30

1) tatsächliche Setzungen unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktor gemäß DIN 4019 von 2/3 und Fundamentlängen von 8,0 m

2) Wert gutachterlicherseits begrenzt

#### 6.2.1.5 Fundamentstreifen Widerlager „Achse 50“ / SW ~ Bau-km 0+280 - 0+320

Für die Bemessung der Fundamente werden die Bohrungen BK 1 und BS 8 zugrunde gelegt. Dementsprechend stehen unter Gründungssohle (ca. 208,0 mNN im Bereich WL / ca. 208,0 mNN - 209 mNN im Bereich SW) mitteldichte bzw. mitteldicht bis dicht gelagerte, schwach schluffige Sande und Kiese an, die eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Ein zusätzlicher Bodenaustausch unter Fundamentsohle ist hier nicht erforderlich.

Allerdings sind die Böden bei BS 8 bis etwa 208,0 mNN als (sehr) locker gelagert zu bezeichnen. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Erfordernis hingewiesen, die Aushubsohlen intensiv nachzuverdichten.

**Tabelle 10:  $\sigma_{R,d}$ -Werte für Streifenfundamente bei Einbindetiefe  $d$  / Bodenaustausch (unter GS)  $t$ ; Bettungsmodul  $k_{sk}$ ; Bereich WL „Achse 50“ / SW ~ Bau-km 0+280-0+310**

Bemessungskriterium	$d$ [m]	$t$ [m]	Fundamentbreite $b$ [m]				
			1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $s_{\text{Stats.}} \leq 1 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 2,0$	-	500	420	330	280	270
$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] für $s_{\text{Stats.}} \leq 2 \text{ cm}^{1)}$	$\geq 2,0$	-	620 <sup>2)</sup>	580 <sup>2)</sup>	620	540	490
$k_{s,k}$ [MN/m <sup>3</sup> ]	$\geq 2,0$	-	35	30	25	20	

1) tatsächliche Setzungen unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktor gemäß DIN 4019 von 2/3 und Fundamentlängen von 20,0 m

2) Grundbruch maßgebend



## 6.2.2 Elastisch gebettete Bodenplatten (WL „Achse 0“ / „Achse 50“)

Der für die Bemessung der Bodenplatten nach dem Bettungsmodulverfahren erforderliche Bettungsmodul wird in Abhängigkeit von der Bodenplattengeometrie (Breite, Länge) sowie dem Sohldruck in der Gründungssohle und den resultierenden Setzungen ermittelt. Die Abmessungen der Bodenplatten werden mit ca. 8,0 m x 4,0 m (WL „Achse 0“) bzw. mit ca. 20,0 m x 4,0 m (WL „Achse 50“) zugrunde gelegt, wobei es sich hierbei um Annahmen handelt, die im weiteren Verlauf der Planungsphase zu prüfen und ggfs. anzupassen sind. Die Gründungssohlen werden bei ca. 215,0 mNN (WL „Achse 0“) bzw. ca. 208,0 mNN (WL „Achse 50“) angenommen.

Es wird zudem, analog den Angaben in Abschnitt 6.2.1.3, vorausgesetzt, dass im Bereich Widerlager „Achse 0“ die unter Gründungssohle ca. 1,4 m mächtig anstehenden, eingeschränkt tragfähigen Schluffe vollständig ausgetauscht und durch Bodenaustauschmaterial oder Magerbeton ersetzt werden.

Ausgehend von einer flächigen Lastabtragung und einer charakteristischen Spannungsordinate  $\sigma_{\text{vorh}}$  zwischen ca. 80 und 120 kN/m<sup>2</sup> kann der Vorbemessung der Bodenplatten eine Bettungsziffer von

$$k_{s,k} = 15 \text{ MN/m}^3$$

zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden bei fachgerechter Ausführung  $\leq 1,0$  cm betragen und sich nahezu vollständig im Zuge der Lastaufbringung einstellen.

Grundsätzlich kann unter den durch die aufgehenden Wände (mit der Wandstärke  $d_w$ ) höher belasteten Plattenstreifen die Bettungsziffer um 50 % erhöht werden. Die ansetzbare Breite des Plattenstreifens  $b_{PI}$  ist dabei über die Dicke der Bodenplatte  $d_{PI}$  zu ermitteln, in der ein gedachter Druckausbreitungswinkel von 45° angenommen werden kann.

**Beispiel:**  $d_w = 0,8 \text{ m}, d_{PI} = 0,4 \text{ m} \Rightarrow b_{PI} = 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ m}$

Der Nachweis der Grundbruchsicherheit ist bei einer Plattengründung entbehrlich.

Bei einer Bemessung der Bodenplatte nach dem Steifemodulverfahren gelten die Werte der Tabelle 2. Für den Wiederbelastungsbereich können die darin aufgeführten Steifemoduln mit dem Faktor 2,5 multipliziert werden.

## 6.2.3 Bohrpfahlgründung

Für Bohrpfähle / einbetonierte Träger nach EC 7 / EA Pfähle können die in den nachfolgenden Tabellen 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 (Festgestein) bei nicht vorliegender Pfahlprobebelastung angesetzt werden. Die Einbindetiefe in den ausreichend tragfähigen Baugrund muss mindestens 2,5 m betragen bzw. 0,5 m bei Einbindung in den entfestigten Buntsandstein. Beim Erreichen des Grundwasserspiegels ist mit Wasserüberdruck zu bohren.

Die in den Tabellen genannten Werte gelten für Einzelpfähle. Weiterhin handelt es sich bei den angegebenen Werten um Grenzwerte, die nach EC 7 / EA Pfähle mit entsprechenden Sicherheiten abzumindern sind.



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. EC 7) sowie im Weiteren nach den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien (EA Pfähle, EAB) und anerkannten Fachliteratur (z. B. Grundbau-Taschenbuch) in der jeweils aktuellen Fassung.

**Tabelle 11: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, WL „Achse 0“**

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
				s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
<b>Auffüllungen</b>	i. M. locker	ca. 216,2	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Deckschichten</b>	(i. M. stf.)	ca. 213,9	0,02	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Sande</b>	i. M. mitteldicht	ca. 209,0	0,06	0,55 <sup>2)</sup>	0,7 <sup>2)</sup>	1,6 <sup>2)</sup>
<b>Festgestein (Buntsandstein)</b>	<b>VZ</b>	halbfest	ca. 206,1	0,06	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	<b>VE</b>	-	ca. 205,0	0,25	3,0 <sup>3)</sup>	
	<b>VE-VA</b>	-	ca. 203,4			
	<b>VA</b>	-	< ca. 203,4	0,45	5,0 <sup>3)</sup>	

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Der Ansatz eines Spitzendruckes setzt voraus, dass der Abstand zwischen Pfahlfuß und dem Schichtkomplex des zersetzten Festgesteins (VZ) nicht weniger als drei Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m beträgt
- 3) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

**Tabelle 12: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, Pfeiler „Achse 1“**

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
				s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
<b>Auffüllungen</b>	i. M. locker	ca. 213,8	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Deckschichten</b>	(i. M. stf.)	ca. 208,1	0,02	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Sande</b>	i. M. mitteldicht	ca. 203,3	0,07	0,55	0,7	1,6
	i. M. dicht	ca. 200,1	0,12	1,1 <sup>2)</sup>	1,4 <sup>2)</sup>	3,0 <sup>2)</sup>
<b>Festgestein (Buntsandstein)</b>	<b>VZ</b>	halbfest	ca. 199,3	0,04	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	<b>VE</b>	-	ca. 195,8	0,25	3,0 <sup>3)</sup>	
	<b>VA</b>	-	< ca. 195,8	0,45	5,0 <sup>3)</sup>	

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Der Ansatz eines Spitzendruckes setzt voraus, dass der Abstand zwischen Pfahlfuß und dem Schichtkomplex des zersetzten Festgesteins (VZ) nicht weniger als drei Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m beträgt
- 3) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.


**Tabelle 13: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, Pfeiler „Achse 2“**

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
				s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
<b>Auffüllungen</b>	i. M. locker	ca. 210,8	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Sande / Kiese</b>	i. M. dicht	ca. 199,0	0,13	1,4 <sup>2)</sup>	1,8 <sup>2)</sup>	3,5 <sup>2)</sup>
<b>Festgestein (Buntsandstein)</b>	VZ	halbfest	ca. 197,2	0,04	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	VE-VA	-	ca. 195,6	0,25	3,0 <sup>3)</sup>	
	VA	-	< ca. 195,6	0,45	5,0 <sup>3)</sup>	

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Der Ansatz eines Spitzendruckes setzt voraus, dass der Abstand zwischen Pfahlfuß und dem Schichtkomplex des zersetzten Festgesteins (VZ) nicht weniger als drei Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m beträgt
- 3) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

**Tabelle 14: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, Pfeiler „Achse 3/4“**

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
				s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
<b>Auffüllungen</b>	i. M. locker	ca. 207,4	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Sande / Kiese</b>	i. M. mitteldicht	ca. 203,2	0,06	0,55	0,7	1,6
	i. M. (sehr) locker	ca. 198,9	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	i. M. dicht	ca. 197,2	0,13	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
<b>Festgestein (Buntsandstein)</b>	VZ	halbfest	ca. 196,6	0,04	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	VA	-	< ca. 196,6	0,45	5,0 <sup>2)</sup>	

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.


**Tabelle 15: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, Pfeiler „Achse 5“**

Schicht		Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
					s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
Auffüllungen		i. M. locker	ca. 208,4	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
Sande / Kiese		i. M. mitteldicht	ca. 205,0	0,07	0,7	0,9	2,1
		i. M. md - dicht	ca. 199,3	0,11	0,8 <sup>2)</sup>	1,1 <sup>2)</sup>	2,5 <sup>2)</sup>
Festgestein (Buntsandstein)	VZ	halbfest	ca. 197,4	0,04	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	VE	-	ca. 195,4	0,25	3,0 <sup>3)</sup>		
	VA	-	< ca. 195,4	0,45	5,0 <sup>3)</sup>		

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Der Ansatz eines Spitzendruckes setzt voraus, dass der Abstand zwischen Pfahlfuß und dem Schichtkomplex des zersetzten Festgesteins (VZ) nicht weniger als drei Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m beträgt
- 3) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

**Tabelle 16: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, Pfeiler „Achse 6“**

Schicht		Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
					s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
Auffüllungen		i. M. locker	ca. 210,3	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
Sande		i. M. dicht	ca. 207,1	0,13	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
		i. M. md-dicht	ca. 205,0	0,11	0,8	1,1	2,5
		i. M. dicht	ca. 200,5	0,13	1,4 <sup>2)</sup>	1,8 <sup>2)</sup>	3,5 <sup>2)</sup>
Festgestein (Buntsandstein)	VZ	halbfest	ca. 198,2	0,06	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	VE	-	ca. 195,4	0,25	3,0 <sup>3)</sup>		
	VA	-	< ca. 195,4	0,45	5,0 <sup>3)</sup>		

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Der Ansatz eines Spitzendruckes setzt voraus, dass der Abstand zwischen Pfahlfuß und dem Schichtkomplex des zersetzten Festgesteins (VZ) nicht weniger als drei Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m beträgt
- 3) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.



**Tabelle 17: Charakteristische Werte für  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  bei Bohrpfählen, Bereich WL „Achse 50“ / SW ~ Bau-km 0+280-0+310**

Schicht		Lagerungsdichte / Konsistenz	SUK [mNN]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		
					s/D <sub>s</sub> = 0,02	s/D <sub>s</sub> = 0,03	s/D <sub>s</sub> = 0,10 (~ s <sub>g</sub> )
Auffüllungen		i. M. locker	ca. 209,6	0,03	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
Sande / Kiese		i. M. locker	ca. 209,2				
		i. M. mitteldicht	ca. 199,1	0,06	0,55 <sup>2)</sup>	0,7 <sup>2)</sup>	1,6 <sup>2)</sup>
Festgestein (Buntsandstein)	VZ	halbfest	ca. 198,0	0,06	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
	VE	-	ca. 197,2	0,25	3,0 <sup>3)</sup>		
	VA	-	< ca. 197,2	0,45	5,0 <sup>3)</sup>		

- 1) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Mindestdicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar
- 2) Der Ansatz eines Spitzendruckes setzt voraus, dass der Abstand zwischen Pfahlfuß und dem Schichtkomplex des zersetzten Festgesteins (VZ) nicht weniger als drei Pfahlersatzfußdurchmesser, mindestens aber 1,5 m beträgt
- 3) Bei Ansatz des Spitzendruckes im Festgestein darf in den darüber liegenden Schichten keine Mantelreibung angesetzt werden.

## 7 Bauhilfskonstruktionen

### 7.1 Allgemeines

Generell sind für die Umsetzung der Baumaßnahme Baubehelfe erforderlich, deren Bemessung und Ausführung durch die vorherrschenden Baugrundverhältnisse beeinflusst sind. Die Baubehelfe umfassen im Wesentlichen die Maßnahmen zur Sicherung der Baugruben (frei geböscht oder verbaut) und ggf. auch bestehender baulicher Anlagen sowie Wasserhaltungsmaßnahmen.

Das Baugrundmodell leitet sich aus den punktuellen Baugrundaufschlüssen ab. Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Baugrundbeschaffenheit innerhalb des gesamten Baufeldes lokal von den erkundeten Verhältnissen abweicht.

### 7.2 Frei geböschte Baugrubenwände

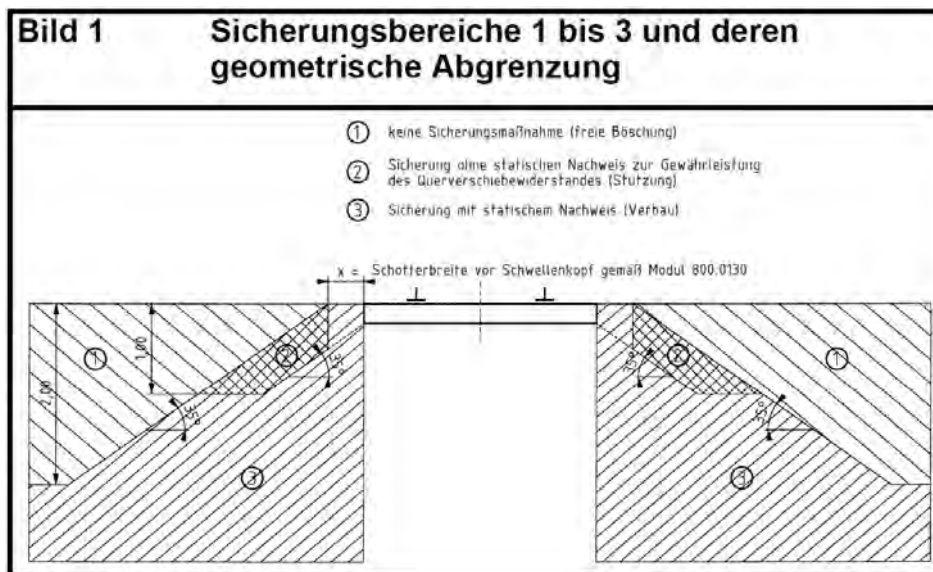
Die erforderlichen Baugruben können in Abhängigkeit des gewählten Bauverfahrens und der Baugrubentiefe verbaut, geböscht oder teilgeböscht hergestellt werden.

Für frei geböschte Baugrubenwände gilt grundsätzlich die DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau. Unbelastete Kurzzeitböschungen bis 5 m Höhe können im Baufeld bei den hier überwiegend sandig geprägten Böden unter einer Generalneigung von  $\beta \leq 45^\circ$  angelegt werden. In Teilbereichen (BK 6 / BK 7) stehen oberflächennah Schluffböden an. Sofern diese eine mindestens steife Konsistenz aufweisen kann hier auf  $\beta \leq 60^\circ$  versteilt werden. Falls wider Erwarten stark aufgeweichte Schichten anstehen, werden deutlich flachere Böschungsneigungen erforderlich. Die Voraussetzungen der DIN 4124 und der Ril 836 sind zu beachten.



Ab 3 m Böschungshöhe wird die Anordnung einer mindestens 1 m breiten Zwischenberme empfohlen. Bei Böschungshöhen über 5 m oder einer Zusatzbeanspruchung durch äußere Einwirkungen (z. B. Verkehrslasten) ist ein Standsicherheitsnachweis nach DIN 4084: 2009-1 erforderlich. Darüber hinaus sind ungesicherte Böschungen vor Witterungseinflüssen und Frost zu schützen und mittels geeigneter Folien abzudecken.

Für temporäre Gleissicherungsmaßnahmen (Bereich Stützen „Achse 1“ / „Achse 2“) sind für das Abböschchen 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 - wie hier innerhalb der Auffüllungen - nicht eingehalten, sind Standsicherheitsnachweise zu führen. U. U. werden Stützmaßnahmen oder Stützkonstruktionen erforderlich. Für die Bereiche, in denen keine Sicherungsmaßnahmen erforderlich sind, ist eine freie Böschung möglich (z. B. Bereich 1 der Abbildung 1).

Die Baugrubenböschungen und der Bereich oberhalb der Böschungsschulter sind während der Bauausführung regelmäßig zu observieren. Sofern dabei Veränderungen festgestellt werden, ist umgehend ein Baugrundsachverständiger zu informieren.



### 7.3 Verbau

Ist ein Abböschchen der Baugruben aufgrund beengter Platzverhältnisse nicht möglich, muss verbaut werden.

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.

Bei den vorherrschenden Baugrundverhältnissen erweisen sich in erster Linie die folgenden Verbauarten als praktikabel:

- Spundwandverbau
- (gebohrter) Bohlträgerverbau mit Ausfachung <sup>1)</sup>

Darüber hinaus existieren am Markt zahlreiche Sonderformen von Verbausystemen. Aus gutachterlicher Sicht ist es für die Beurteilung der technischen Vergleichbarkeit und der Preisbildung jedoch erforderlich, in die Ausschreibung ausschließlich ein in den einschlägigen Normen und Richtlinien geregeltes Verbausystem mit aufzunehmen und Angebote, die eine andersartige Verbauart ausweisen (z. B. mit bauaufsichtlicher Zulassung), ausschließlich als Sondervorschlag zu werten.

Gemäß den Aufschlussergebnissen muss innerhalb der Buntsandsteinsande bzw. -Kiese generell und in unterschiedlichen Tiefenbereichen mit Rammhindernissen (Dichtzonen / Steineinlagerungen) gerechnet werden (vgl. v. a. BK 2 / BK 5). Daher ist bei Verbauarten, die als Einbringhilfe eine Ramme oder einen Rüttler verwenden (Spundwandverbau oder gerammter Bohlträgerverbau), der Lastfall „Einbringen“ gesondert zu betrachten und (bei Bedarf) ein steiferes Profil als statisch erforderlich zu wählen. Auf der Baustelle ist eine entsprechend leistungsfähige Einbringhilfe vorzuhalten und bei Bedarf von Doppelbohlen auf Einzelbohlen umzuschwenken. Darüber hinaus ist z. B. die Möglichkeit zur Ausführung von Lockerungsbohrungen vorzusehen mit dem Nachteil, dass die ansetzbaren Widerstandswerte für Mantelreibung und - je nach Tiefe der Lockerungsbohrung - auch für den Spitzendruck in Abstimmung mit dem Baugrundsachverständigen ggf. mittels Nacherkundung (Ausführen von Schweren Rammsondierungen DPH im aufge-lockerten Bereich) neu zu verifizieren sind, was mit entsprechendem Mehraufwand verbunden ist.

Generell wird mit dem Übergang in den (verwitterten) Buntsandstein, teils schon geringfügig darüber (Übergangszone), ein rammendes / schlagendes oder rüttelndes Einbringen der Verbauelemente nicht oder allenfalls lokal möglich sein. Für den Fall, dass die Unterkante des Verbaus aus statischen Gründen darunter zu liegen kommt, ist generell auf ein Verbausystem auszuweichen, das weder rammend noch rüttelnd sondern gebohrt hergestellt wird (Bohrpfähle / gebohrte Bohlträger). Für den Fall, dass dann - entgegen unserer Empfehlungen - dennoch ein Spund-

<sup>1)</sup> Trägerbohlwände mit Holzausfachung dürfen nur für kurzzeitige Zwecke und sollen nach Modul 836.2001 nur außerhalb des Druckbereiches von Eisenbahnverkehrslasten eingesetzt werden.



wandverbau oder gerammter Bohlträgerverbau zum Einsatz kommen soll, sind beim Spundwandverbau Austauschbohrungen und beim Bohlträgerverbau Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen im Festgestein vorzusehen mit den o. g. Nachteilen.

Zur Reduzierung der Verformungen wird empfohlen bzw. ist es erforderlich, den Verbau mindestens auf den erhöhten aktiven Erddruck  $E = (E_0 + E_a)/2$  zu bemessen. Bei höheren Anforderungen an die Verformungsarmut sollte auf den Erdruchdruck bemessen werden. Darüber hinaus können die Verformungen durch die Wahl biegesteifer Profile oder Aussteifungen verringert werden. Eine sorgfältige Planung und Bemessung des Verbaus und anderer temporärer Bauhilfskonstruktionen wird angezeigt. Die EAB (Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“) sind zu beachten.

## 8 Hinweise zur Ausführung der Anrampungen

Die Böschungen der Anrampungen sind gemäß RAS-Q mit einer Regelneigung von 1 : 1,5 zu planen, was den Einsatz von grob- und / oder gemischtkörniger Böden voraussetzt (s. u.). Bis zur Ansiedlung einer dichten Vegetationsschicht auf der Böschungsoberfläche muss zudem speziell während und nach Niederschlagsereignissen mit oberflächennahen Erosionserscheinungen und Rutschungen gerechnet werden. Es wird daher empfohlen, unmittelbar nach Fertigstellung der Dammschüttungen eine Rasenansaat oder eine Anspritzbegrünung (Nassansaat) aufzubringen.

Die Mindestanforderungen an das einzusetzende Schüttmaterial (Natursteinmaterial) für die Erdbauwerke werden nachfolgend definiert:

- |   |  |
|---|--|
| • Bodengruppe (DIN 18 196)                      | GW/SW, GI/SI, GE/SE  |
| • Reibungswinkel $\varphi'_k$                   | $\geq 35^\circ$  |
| • Kohäsion $c'_k$                               | $\geq 0 \text{ kN/m}^2$                                      |
| • Wichte $\gamma$                               | $\geq 20 \text{ kN/m}^3$                                     |
| • Mindestverdichtungsgrad $D_{\min}$            | $\geq 100 \% \text{ e.P. (98 \% e.P.)}$                      |
| • Tragfähigkeitswert $E_{v2}$                   | $\geq 45 \text{ MN/m}^2 (\geq 60 \text{ MN/m}^2 \text{ }^2)$ |
| • Verdichtungsverhältnis $E_{v2}/E_{v1}$        | $\leq 2,3 (2,5)$   |
| • max. Einbauwassergehalt $w_{\max}$            | $w_{\text{opt}} \pm 2 \text{ M.}\%$                          |
| • Steinanteile $P(\varnothing > 63 \text{ mm})$ | $< 30 \text{ M.}\%$  |
| • Organische Bestandteile                       | $< 2 \text{ M.}\%$   |

Alternativ können auch gemischtkörnige Böden zum Einsatz kommen, die folgenden Mindestanforderungen gerecht werden müssen:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| • Bodengruppe (DIN 18 196) | GU   |
| • Feinkornanteil           | $\leq 8 \text{ M.}\% (12 \text{ M.}\% \text{ }^3)$ |

<sup>2)</sup> Ein Tragfähigkeitswert von  $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$  sowie ein Verdichtungsverhältnis von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$  ist i. a. mit den aufgeführten Bodenarten und modernen Verdichtungsgeräten ohne weiteres zu erreichen. Dementsprechend wird empfohlen, den Nachweis des höheren  $E_{v2}$ -Wertes bzw. Verdichtungsgrades zu fordern.

<sup>3)</sup> Ein erhöhter Feinkorngehalt ist grundsätzlich möglich, kann jedoch bei nasser Witterung zu Bauverzögerungen führen.



- Reibungswinkel  $\varphi'_k$   $\geq 30^\circ$
- (Kapillar-) Kohäsion  $c'_k$   $\geq 3 \text{ kN/m}^2$
- Wichte  $\gamma$   $\geq 20 \text{ kN/m}^3$
- Mindestverdichtungsgrad  $D_{\min}$   $\geq 100 \% \text{ e.P. (98 \% e.P.)}$
- Tragfähigkeitswert  $E_{v2}$   $\geq 45 \text{ MN/m}^2 (60 \text{ MN/m}^2 \text{ }^4)$
- Verdichtungsverhältnis  $E_{v2}/E_{v1}$   $\leq 2,3 (2,5)$
- max. Einbauwassergehalt  $w_{\max}$   $w_{\text{opt}} \pm 2 \text{ M.}\%$
- Kies-/Steinanteil  $P(\varnothing > 2,0 \text{ mm})$   $< 30 \text{ M.}\%$
- Organische Bestandteile  $< 2 \text{ M.}\%$

Auf die eingeschränkte Verarbeitbarkeit gemischtkörniger Böden bei nasser Witterung wird ausdrücklich hingewiesen. Ferner ist zu beachten, dass eng- oder intermittierend gestufte Böden i.a. nur begrenzt verdichtbar sind und dadurch die geforderten Verdichtungswerte möglicherweise nicht erreicht werden. Dies gilt insbesondere für Sandmaterialien. Demensprechend kann der Einsatz derartiger Erdbaustoffe u.U. zu empfindlichen Bauverzögerungen führen. Aus gutachterlicher Sicht ist daher bevorzugt auf Böden der Bodengruppe GW/GI oder GU mit max. 8 M.-% Feinanteilen zurückzugreifen.

Güteüberwachtes Recyclingmaterial kann aus geotechnischer Sicht in diesem Zusammenhang grundsätzlich eingesetzt werden, sofern die o. g. Eigenschaften eingehalten sind und das Material volumenbeständig ist. Aufgrund der generell ungünstigen hydrogeologischen Situation nördlich des Hochspeyerbaches und der Einbaulage ist jedoch davon auszugehen, dass RC-Material maximal bis zur Einstufung Z1.1 und oberhalb HHW Hochspeyerbach + 1 m zulässig ist (siehe auch Abschnitte 4.8.1 und 5). Unabhängig davon wird empfohlen, die Einsatzmöglichkeiten von RC-Material rechtzeitig im Vorfeld mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen.

Die Schüttmaterialien sind prinzipiell lagenweise und unter ausreichender Verdichtung einzubauen. Dabei ist auf eine gute Verzahnung mit bereits eingebautem Material bzw. anstehendem Boden zu achten. Bei geeigneten Anschlussebenen ist zwecks eines guten Verbundes vor dem Auftrag von Schüttgut eine sinnvolle Profilierung vorzunehmen (Abtreppung gemäß ZTVE).

Um im Bereich der Böschungsoberflächen und Dammschultern eine gleichbleibende Einbauqualität des Schüttmaterials sicherzustellen, wird empfohlen, die Dämme gegenüber dem Sollprofil um etwa 0,5 bis 1,0 m seitlich zu überschütten und das unvermeidbar geringer verdichtete Überprofil nachträglich wieder abzutragen (vgl. ZTVE inkl. Kommentar von Floss).

Es wird dringend empfohlen, die Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit aller eingesetzten Schüttgüter im Vorfeld mittels statischer Plattendruckversuche und /oder Dichtemessungen auf entsprechenden Probefeldern nachzuweisen.

Diese Vorgehensweise gestattet zudem, die technischen Einbauregeln (Gerätetyp, Schüttlagen-

<sup>4)</sup> Ein Tragfähigkeitswert von  $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$  sowie ein Verdichtungsverhältnis von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$  ist i. a. mit den aufgeführten Bodenarten und modernen Verdichtungsgeräten ohne weiteres zu erreichen. Dementsprechend wird empfohlen, den Nachweis des höheren  $E_{v2}$ -Wertes bzw. Verdichtungsgrades zu fordern.



stärke, Anzahl der Übergänge) festzulegen und zu optimieren.

Die Tauglichkeit der für den Einbau vorgesehenen Materialien ist grundsätzlich durch die ausführende Baufirma im Rahmen entsprechender Eignungsprüfungen nachzuweisen.

Die maximale Dammschüttungshöhe  $h$  beträgt rd. 4,5 m im Bereich der Widerlager. Die maximale Bodenpressung aus diesen Belastungen beträgt dann ca.

$$\sigma = 4,5 \times 20 \text{ kN/m}^2 = 90 \text{ kN/m}^2.$$

Unter der Voraussetzung, dass im Bereich der Weisenbachstraße evtl. anstehende bindige Schichten unter der Dammaufstandsfläche ausgeräumt werden, stellen sich nach internen Setzungsberechnungen unter Zugrundelegung o. g. Bodenpressung im Bereich der Anschüttungen Setzungen von maximal ca. 1,0 cm ein. Bei einem Verbleib der Schluffböden sind Setzungen bis 3 cm zu erwarten. Die Setzungen aus der Eigenkonsolidation des Schüttmaterials sind - vorbehaltlich der Einhaltung o. g. Material- und Verdichtungsanforderungen - vernachlässigbar.

## 9 Empfehlungen zum Straßenbau

Gemäß den Vorschriften der ZTV E-StB 09 muss der Untergrund (Erdplanum) Mindestanforderungen bezüglich Verdichtungsgrad (einfache Proctordichte  $D_{pr}$ ) und Verformungsmodul ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ) genügen.

Zur Beurteilen der Baugrundsituation wurden im Anschlussbereich Weisenbachstraße / Bauwerk die Sondierbohrungen BS 9 bis BS 11 ausgeführt. Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse und unter Zugrundelegung eines frostsicheren Straßenaufbaus von ca. 60 cm kommt das Planum in aufgefüllten Sanden zu liegen, die bei BS 9 als schwach schluffig bis schluffig (Bodengruppe [SU/SU\*]), bei BS 10 und 11 als schwach schluffig (Bodengruppe [SU]) angesprochen wurden.

Bei diesen Böden ist die geforderte Tragfähigkeit nicht gegeben, es kann von erreichbaren Verformungsmoduln bis etwa  $E_{v2} = 20 - 30 \text{ MN/m}^2$  ausgegangen werden.

In Anlehnung an den FLOSS-Kommentar zur ZTVE StB 94 ist ein Bodenaustausch (Frostschutzmaterial) von 15 - 20 cm notwendig, um auf dem Planum den geforderten Verformungsmodul  $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$  nachweisen zu können, was in der Planung / Ausschreibung entsprechend berücksichtigt werden sollte. Im Bereich der Rampen ist die Tragfähigkeit gemäß Kap. 8 eingehalten.

Es wird empfohlen, die endgültige Austauschstärke im Zuge der Bauausführung nach dem Freilegen des Planums (abschnittsweise) festzulegen. Bewährt hat sich in diesem Zusammenhang die Ausführung von statischen Plattendruckversuchen nach DIN 18134.

## 10 Wasserhaltung

Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse sowie der Situation vor Ort muss angenommen werden, dass Grundwasser im Bereich des Baufeldes in etwa auf Wasserspiegelhöhe des Hochspeyerbachs ansteht bzw. gedämpft mit diesem korrespondiert. Unter Zugrundelegung der in Abschnitt 4.8.1 genannten Bemessungswasserstände für die Bauphase sowie der Gewährleistung einer temporären GW-Absenkung bis mind. 0,5 m unter Aushubsohle ist bei Ausführung



einer Flachgründung somit generell ein Absenken des GW-Spiegels zwischen ca. 0,6 m und 2,3 m erforderlich (unter Zugrundelegung der in Abschnitt 6 getroffenen Annahmen die Gründungstiefen bzw. Bodenaustauschmächtigkeiten betreffend). Lediglich südwestlich der Bahngleise wird das GW ausreichend flurfern anstehen. Somit müssen die Arbeiten mit Hilfe einer leistungsfähigen, geschlossenen Wasserhaltung erfolgen.

Angesichts der relativ kleinen Baugruben empfiehlt sich der Einsatz von „Wellpoints“ (Spülfilteranlage / Lanzen). Diese sind fachgerecht ohne Auflockerung des Untergrundes einzubringen.

Die entsprechenden Durchlässigkeitsbeiwerte der aufgeschlossenen Böden sind in 4.8.3 angeführt.

Die Anlagen zur Grundwasserhaltung müssen generell filterstabil zum anstehenden Boden ausgebildet werden. Es dürfen keinesfalls Feinteile ausgespült werden. Um dies zu erkennen, ist an geeigneter Stelle ein Sandfang vorzusehen. Sollten Feinteile ausgespült werden (Trübung des gefördert Grundwassers, Sandablagerungen im Sandfang), ist mit Suffosionserscheinungen im Untergrund zu rechnen, die zu Setzungen führen können. Die Wasserhaltung ist dann sofort einzustellen und zu sanieren. Wir weisen darauf hin, dass nach dem Wasserhaushaltsgesetz für jede Grundwasserentnahme eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen ist. Es ist ebenfalls rechtzeitig zu klären, ob im Einzugsbereich der Wasserhaltung bekannte Altlastenstandorte oder Sanierungsmaßnahmen liegen, die besondere Maßnahmen erforderlich machen.

Als Alternative bleibt die Herstellung einer wasserdichten Baugrubenumschließung in Kombination mit einer (verankerten) Unterwasserbetonsohle. Als wasserdichter Verbau eignet sich beispielsweise eine mit Schlossdichtungen ausgestattete Spundwand. Die Tiefenlage und die Dicke der Unterwasserbetonsohle ergeben sich aus dem Auftriebsnachweis bei leer gepumpter Baugrube und vollem Sohlwasserdruck. Die Unterwasserbetonsohle kann bei Bedarf als untere Aussteifung des Verbaus herangezogen werden. Auf einen dichten und kraftschlüssigen Anschluss der Sohle an die Verbauwand ist zu achten.

Generell werden die hydrogeologischen Randbedingungen, v. a. im Nahbereich des Gewässers (Pfeiler „Achsen 2, 3/4, 5), wie o. g. maßgeblich geprägt durch den Wasserstand des Hochspeyerbachs. Es wird daher empfohlen, einen Alarmplan / Notfallplan auszuarbeiten, in dem die bei drohender Überschreitung des definierten Wasserstandes zu ergreifenden Maßnahmen verbindlich geregelt sind (Ansprechpartner, Räumung, Sicherung und gezielte Flutung der Baugrube etc.).

Um den Einfluss des Fließgewässers zu reduzieren / auszuschalten sollte generell die Möglichkeit einer Reduzierung der Wasserfracht im Gewässer geprüft werden, d. h. ob es eine Möglichkeit zur temporären Regulierung / Umleitung des Bachwassers gibt.

Prinzipiell wird empfohlen, die Erd- und Gründungsarbeiten möglichst in der trockenen Jahreszeit durchzuführen. Dadurch kann der Aufwand für die Wasserhaltung i. a. deutlich reduziert werden.



## 11 Hinweise zur Bauausführung

- Die Planung ist so auszurichten, dass keine Einschränkungen für den Bahnverkehr entstehen bzw. sind diese mit der DB abzustimmen.
- Grundsätzlich sind für die Durchführung der Erdarbeiten die wärmeren, trockenen Jahreszeiten den kälteren, nassen Jahreszeiten vorzuziehen, da die teils anstehenden gemischtkörnigen Erdmaterialien bei Wasserzutritt aufweichen und an Tragfähigkeit verlieren.
- Nach erfolgtem Aushub muss unmittelbar mit den Auffüll- bzw. Betonierarbeiten begonnen werden, um Witterungseinflüsse auf die jeweiligen Baugrubensohlen zu vermeiden. Aufgeweichte und damit nicht tragfähige Bereiche sind gegen gut zu verdichtende Massen auszutauschen.
- Bei der Durchführung der Arbeiten sind u. a. die Anforderungen des EC7, der ZTVE-StB 09, DIN 1054, ZTVA-StB 12, EAB, EA Pfähle sowie der jeweils gültigen Normen (DIN 4124 usw.), Vorschriften und Richtlinien zu beachten.
- Alle unterschiedlichen Materialien sind filterwirksam, erforderlichenfalls durch ein Geotextil, voneinander zu trennen.
- Bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahmen sind die Platzverhältnisse, die Verkehrssituation, etc. zu berücksichtigen. Es sind Bauverfahren zu wählen, die ein Minimum an Beeinträchtigungen für die Bebauung und Umwelt erwarten lassen. Die Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind den jeweiligen Verhältnissen anzupassen.
- Gründungssohlen sind vor dem Einbringen der Sauberkeitsschicht, eines eventuellen Bodenaustausches oder des Fundamentbetons grundsätzlich sorgfältig nachzuverdichten. Dabei ist bei gemischtkörnigen Böden darauf zu achten, dass der Verdichtungsprozess nicht zur Bildung von Porenwasserüberdrücken und damit zu Aufweicherscheinungen in der verdichteten Lage führt.
- Sämtliche Arbeiten sind durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen.
- Während der Erdarbeiten ist besonders auf Witterungseinflüsse und dadurch bedingte Wassergehaltsänderungen der Erdstoffe zu achten.
- Generell wird die Abnahme der Gründungssohle (Kontrolle der Baugrundverhältnisse) bzw. die Überwachung von Auffüllarbeiten durch das unterzeichnende Büro empfohlen.
- Das Einbringen des Verbaus mit Hilfe von vibrierenden oder schlagenden Geräten kann sowohl Sackungen und Setzungen im Boden als auch Erschütterungen an nahe gelegenen Verkehrsflächen (Fahrbahn, Gleise), Bauwerken, Leitungen, Masten etc. hervorrufen. Je nach geplantem Einbringverfahren sind Einbringhilfen vorzusehen.
- Grundsätzlich ist die DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“) zu beachten. Bei ungünstigen Randbedingungen und sensiblem Umfeld ist gegebenenfalls eine Überschreitung der im Teil 3 der DIN 4150 angegebenen Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten durch Erschütterungsmessungen zu überprüfen.
- Um im Bedarfsfall durch die Baumaßnahme verursachte Schäden von bereits bestehenden Schäden abgrenzen zu können, empfehlen wir, an unmittelbar an die Baumaßnahme grenzenden Gebäuden, Leitungen und Gleisen/Verkehrsflächen eine Beweissicherung durchzuführen.



- Als Randbedingung ist zu berücksichtigen, dass voraussichtlich die Forderung nach einer Aufrechterhaltung des Bahnverkehrs besteht.

## 12 Schlussbemerkungen

In Weidenthal (Pfalz) ist zur Verbesserung der Verkehrsführung die Beseitigung des Bahnüberganges Wp 90 und zur Aufrechterhaltung der Verkehrsführung die Errichtung eines Brückenbauwerkes als Ersatzbauwerk geplant.

Anhand der Untersuchungsergebnisse, der Geländeaufnahme und der zur Verfügung stehenden Unterlagen und Informationen wurde dieses Baugrund- und Gründungsgutachten ausgearbeitet.

Bei der Durchführung der Arbeiten sind die Anforderungen der jeweils gültigen Normen, Vorschriften, Richtlinien und Merkblätter zu beachten und eine sorgfältige und fachgerechte Arbeitsweise zu gewährleisten.

Die Geotechnik betreffende und tangierende Ausführungspläne und Standsicherheitsnachweise sind uns 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 (vgl. hierzu EC 7).

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 Bericht zugrunde liegende festgestellt werden, ist unser Institut sofort zu verständigen, um die Ursache und die Auswirkung auf die genannten Empfehlungen überprüfen und gegebenenfalls ergänzen zu können.

Bei neu auftretenden Fragen bitten wir um rechtzeitige Benachrichtigung.

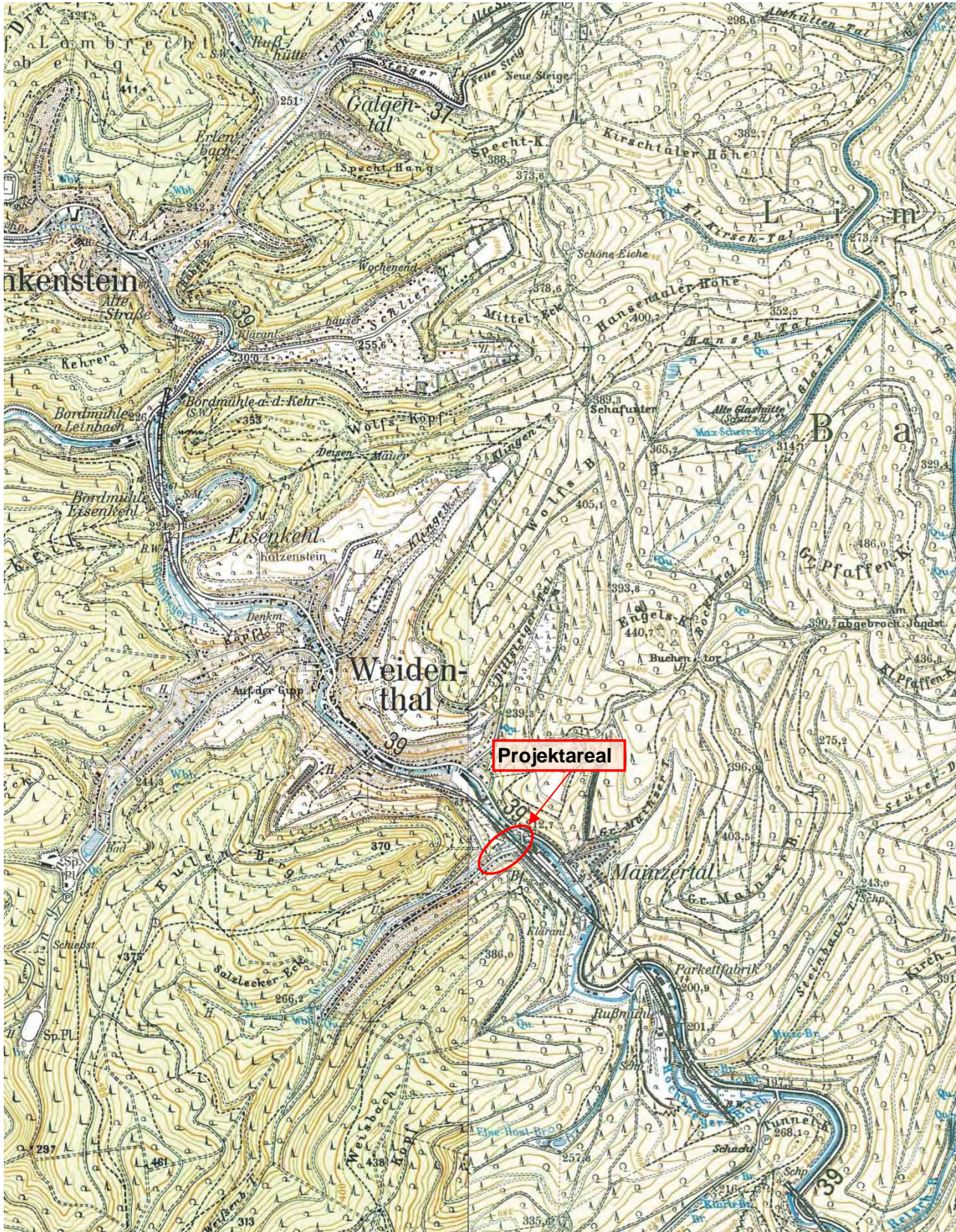
Das Gutachten besitzt nur in seiner Gesamtheit Gültigkeit.

Neustadt/Weinstr., 29.03.2017 bö/wei  
Fritz-Voigt-Straße 4  
Telefon: 06321 4996-00  
Telefax: 06321 4996-29  
E-Mail: [ibes-gmbh@ibes-gmbh.de](mailto:ibes-gmbh@ibes-gmbh.de)

IBES Baugrundinstitut GmbH  
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Rauch  
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. Christian Böhm  
Geschäftsleitung Geotechnik



Auszüge aus den topographischen Karten, Blatt 6513 Hochspeyer + Blatt 6514 Bad Dürkheim - West, M. 1:25.000





Bild 1: Ausführung BK 1, Blick nach Südosten



Bild 2: Ausführung BK 1, Blick nach Nordwesten



Bild 3: Ausführung BK 3, Blick nach Südosten



Bild 4: Ausführung BK 3, Blick nach Nordwesten



Bild 5: Ausführung BK 4, Blick nach Westen



Bild 6: Ausführung BK 4, Blick nach Süden



Bild 7: Trockendrehbohrung zur Kampfmittelfreimessung bei BK / DPH 4, Blick nach Süden



Bild 8: Ausführung BK 5, Blick nach Südwesten



Bild 9: Ausführung BK 5, Blick nach Nordwesten



Bild 10: Trockendrehbohrung zur Kampfmittelfreimessung bei BK / DPH 5, Blick nach Nordwesten



Bild 11: Ausführung BK 6, Blick nach Norden



Bild 12: Ausführung BK 7, Blick nach Nordwesten



Bild 13: Ausführung BS 8, Blick nach Süden



Bild 14: Bohrschappen BS 8



Bild 15: Bohrschappen BS 8



Bild 16: Bohrgut BS 8



Bild 17: Ausführung BS 9, Blick nach Osten



Bild 18: Bohrschappen / Bohrgut BS 9



Bild 19: Bohrschuppen BS 9



Bild 20: Bohrgut BS 9



Bild 21: Ausführung BS 10, Blick nach Osten



Bild 22: Bohrschuppen BS 10



Bild 23: Bohrschuppen BS 10



Bild 24: Bohrgut BS 10



Bild 25: Ausführung BS 11, Blick nach Osten



Bild 26: Bohrschappen / Bohrgut BS 11



Bild 27: Bohrschappen BS 11



Bild 28: Bohrschappen / Bohrgut BS 11



Bild 29: Kernkisten BK 1 (0,00-20,00 m)



Bild 30: Kernkisten BK 2 (0,00-15,00 m)



Bild 31: Kernkisten BK 3 (0,00-17,60 m)



kisten BK 4 (0,00-16,50 m)

Bild 32: Kern-



Bild 33: Kernkisten BK 5 (0,00-19,00 m)



BK 6 (0,00-20,00 m)

Bild 34: Kernkisten



Bild 35: Kernkisten BK 7 (0,00-15,00 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

## 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
- GU\* Bodengruppe aufgrund Laborergebnis
- GU\* Bodengruppe aufgrund Ansprache

## 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	

## FELSARTEN

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

## KORNGRÖßENBEREICH

- f fein
- m mittel
- g grob

## NEBENANTEILE (DIN 4022)

- ' schwach (<15%)
- /\* stark (>30%)

## KONSISTENZ

- brg ≧ breiig wch > weich
- stf ; steif hfst | halbfest
- fst || fest

## BODENKLASSE

Bkl. 3

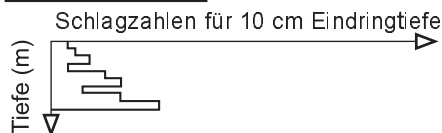
## FEUCHTIGKEIT

f̄ ∪ nass

## KLÜFTUNG

klū ≤ klüftig  
klū ≧ stark klüftig

## RAMMDIAGRAMM



## RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2,52 cm	3,57 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	5,00 cm <sup>2</sup>	10,00 cm <sup>2</sup>	15,00 cm <sup>2</sup>
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:

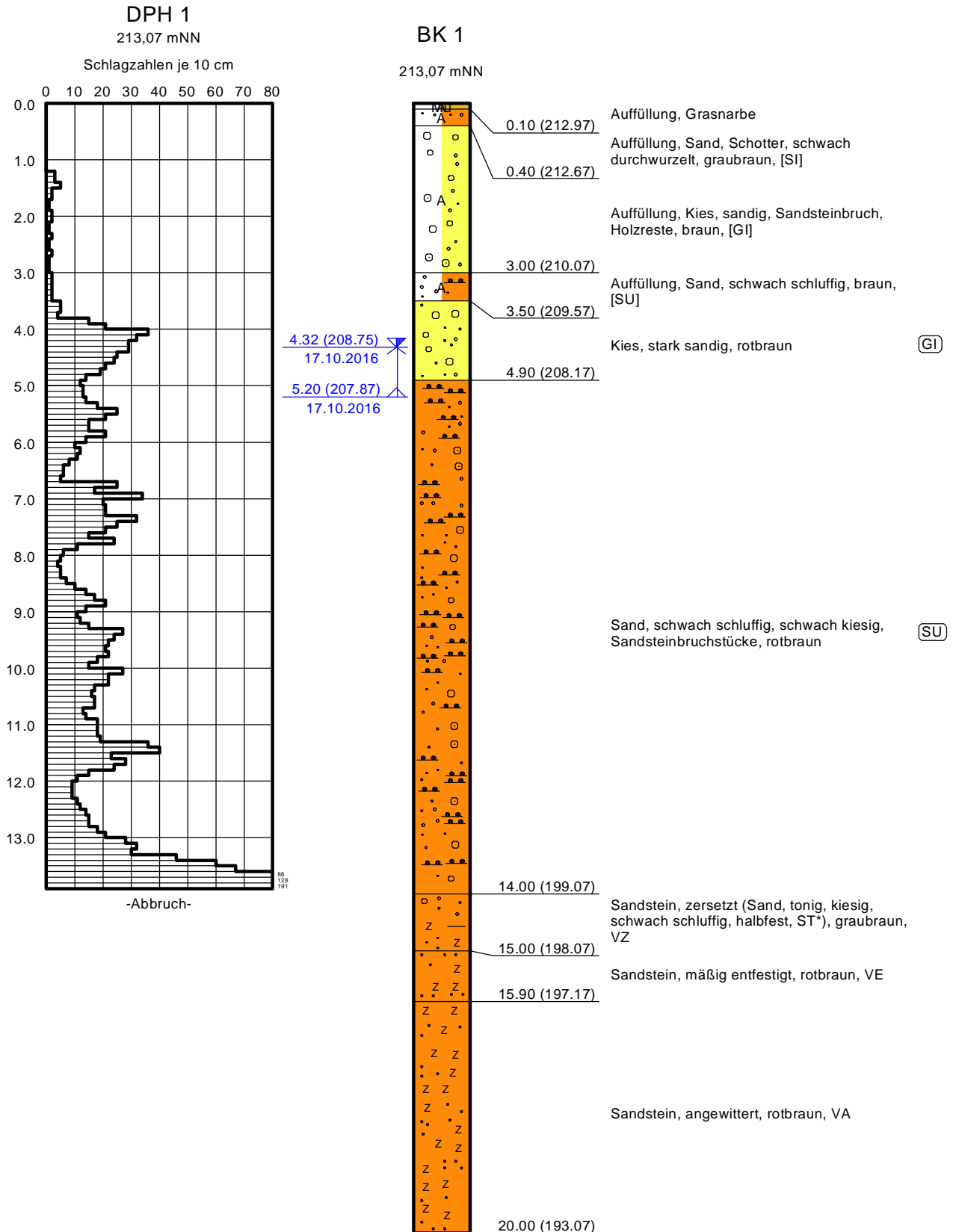
Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

## Planbezeichnung:

Legende



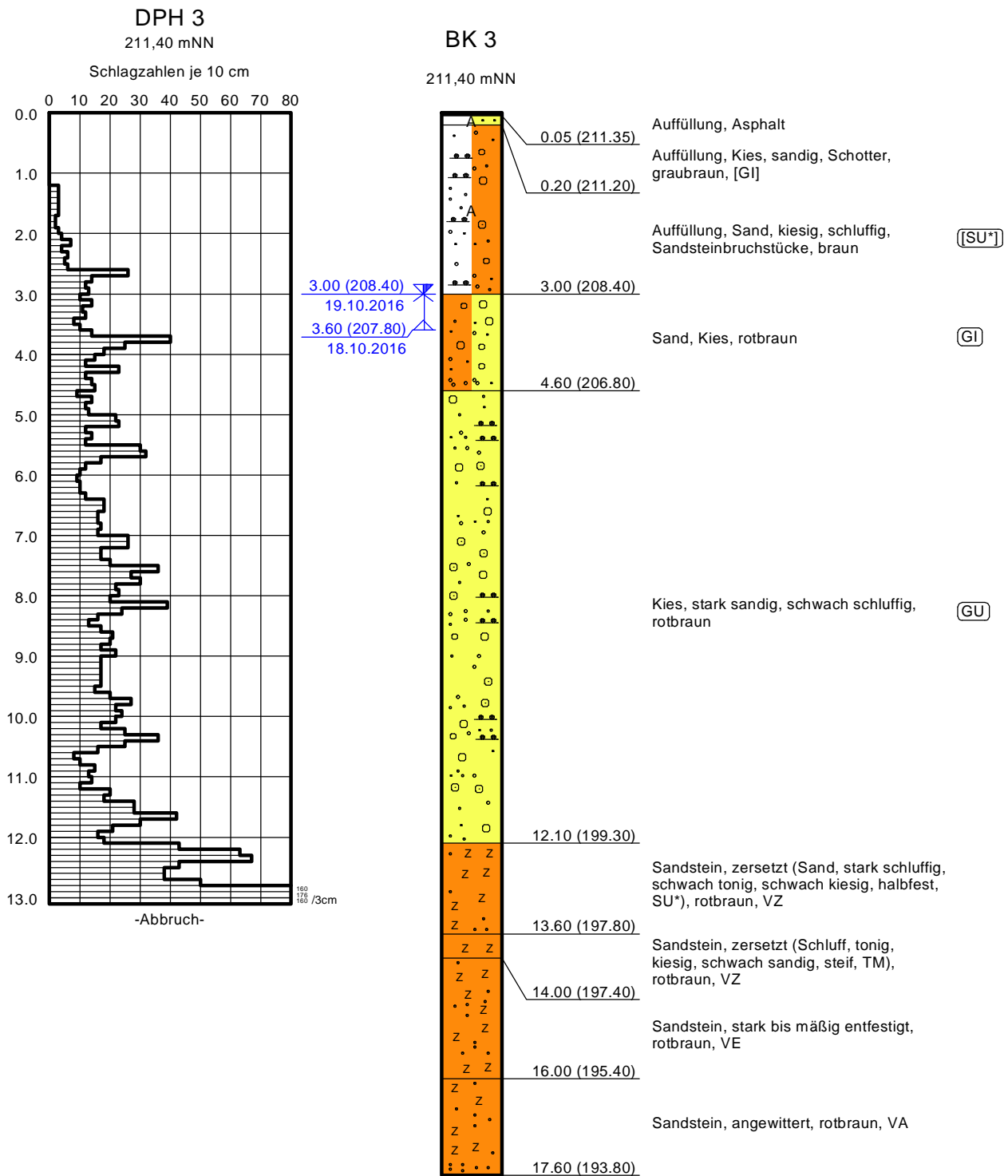
M. 1:100





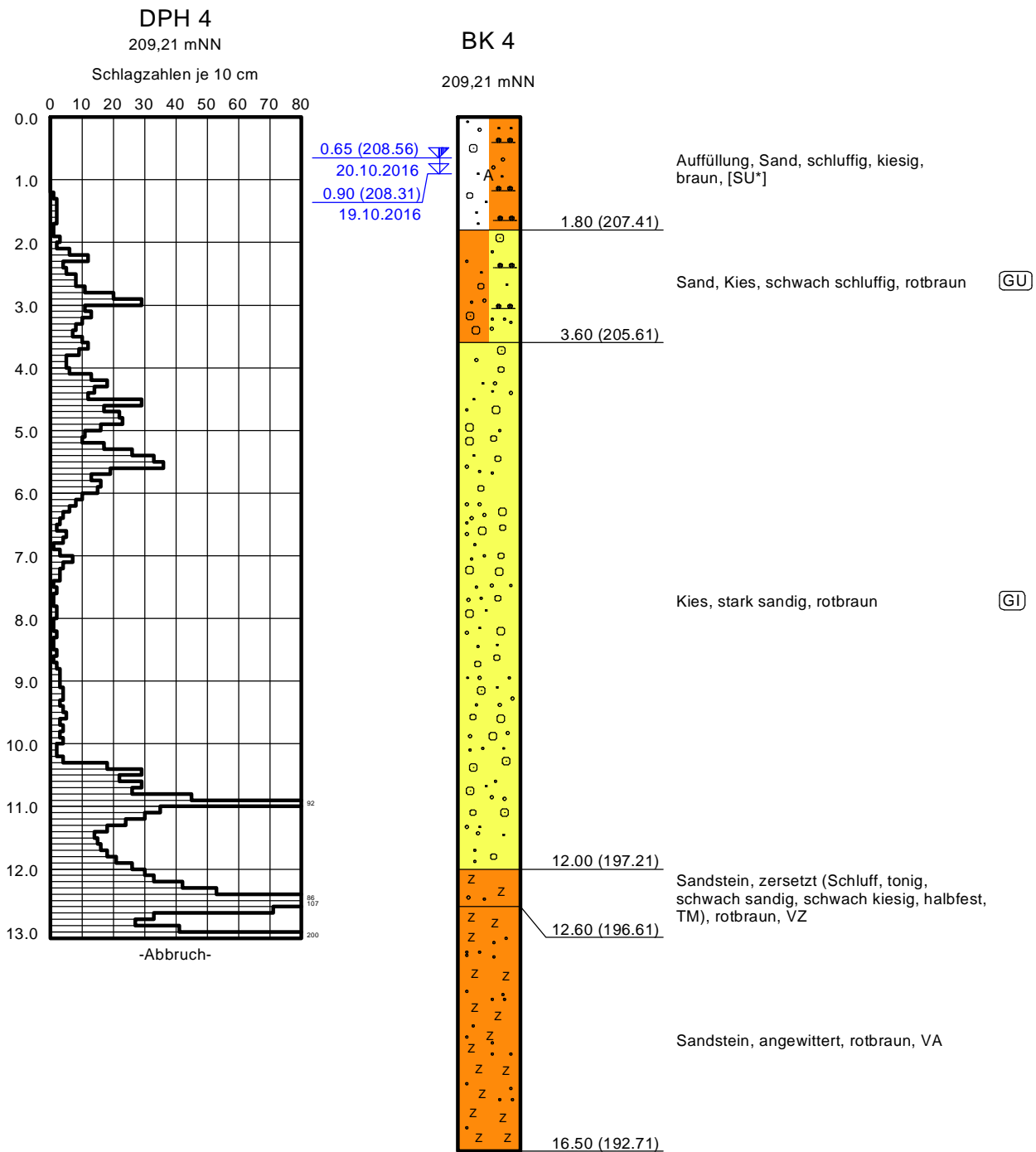


M. 1:100



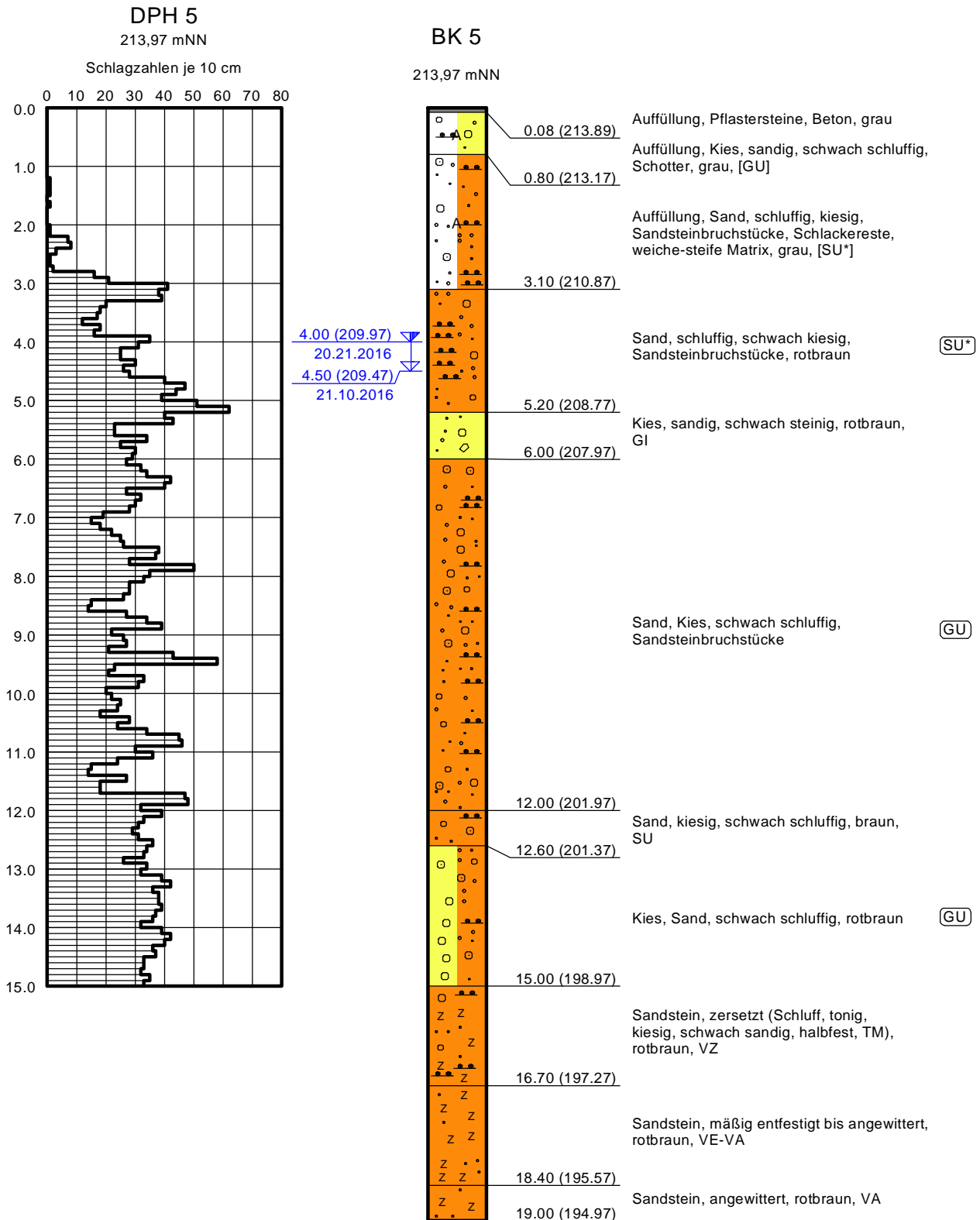


M. 1:100



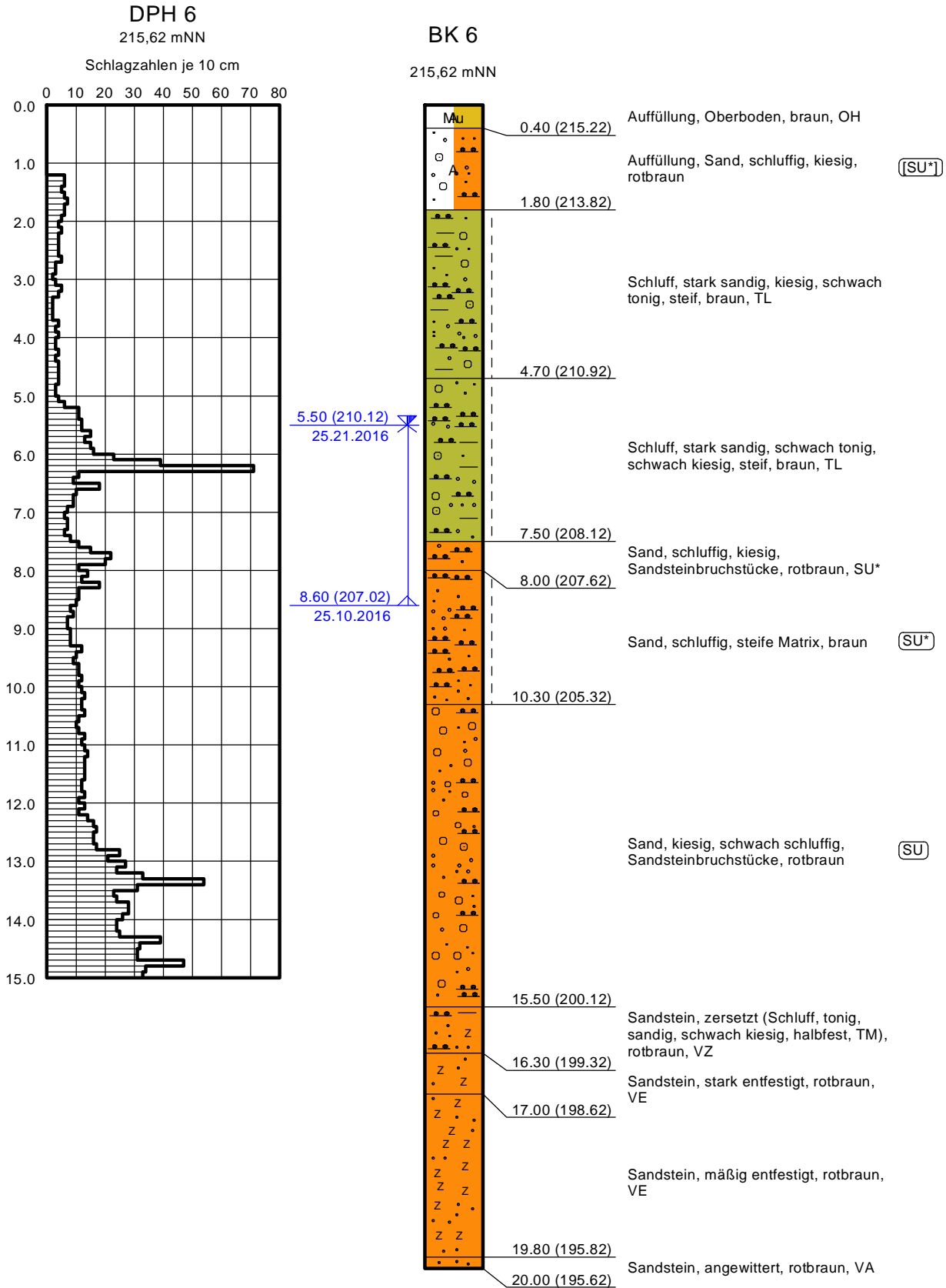


M. 1:100



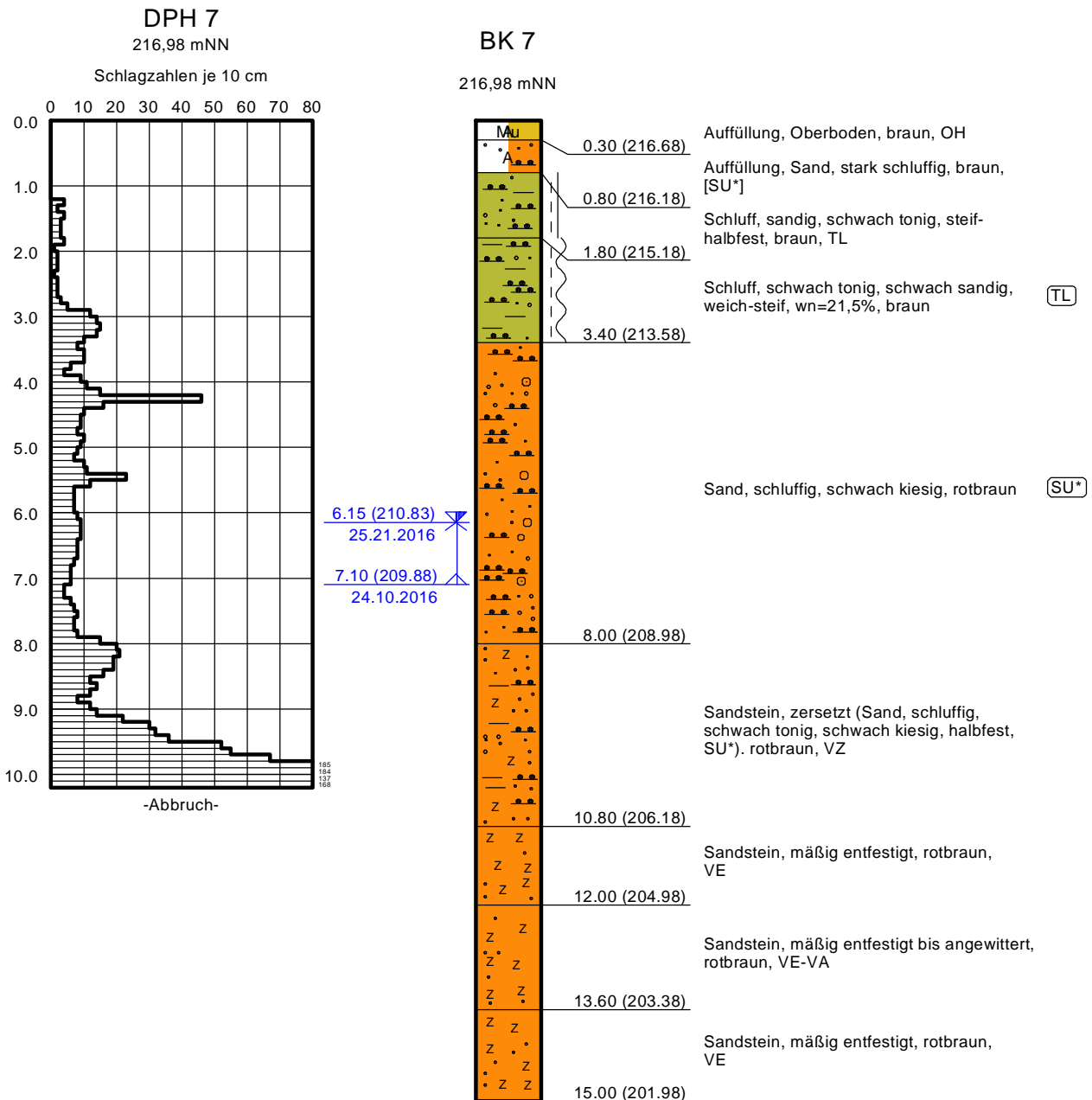


M. 1:100



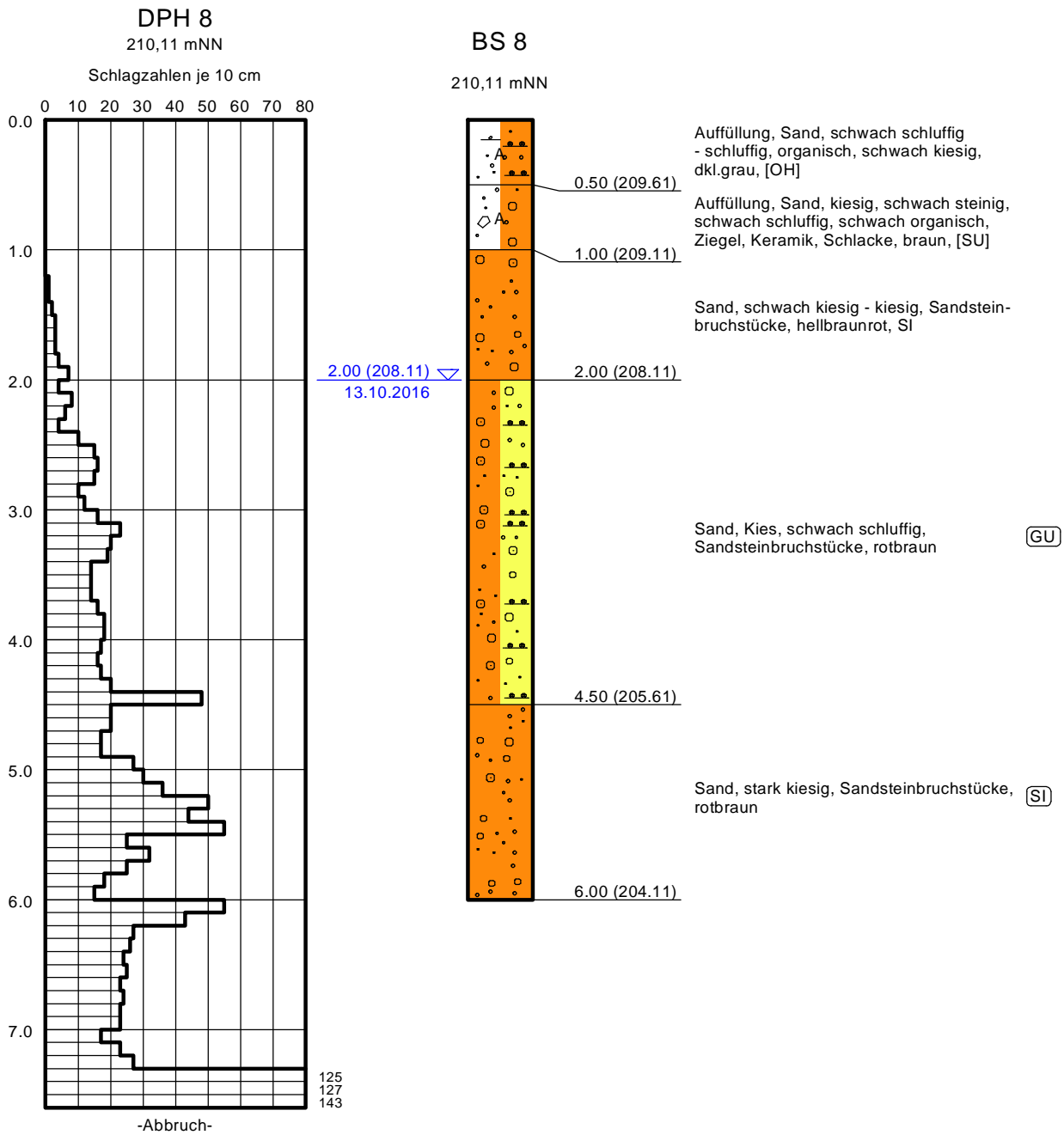


M. 1:100





M. 1:50

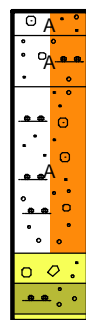




M. 1:50

**BS 9**

219,55 mNN



0.16 (219.39)

Auffüllung, Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, schwach durchwurzelt, braunbeige, [SU]

0.50 (219.05)

Auffüllung, Sand, schluffig - stark schluffig, schwach kiesig, schwach organisch, Ziegel, Schlackereeste, braun, [SU\*]

1.60 (217.95)

Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig - schluffig, Ziegelreste, braun, [SU-SU\*]

1.80 (217.75)

Steine, Kies, sandig, (Sandstein), rot, GX

2.00 (217.55)

Schluff, stark sandig, schwach tonig, halbfest, braun, TL/SU\*

2.05 (217.50)

Kies, sandig, steinig, Sandsteinbruchstücke, rotbraun, GI/GX

- Hoher Eindringwiderstand => Bohrabbruch -



M. 1:50

### BS 10

220,83 mNN



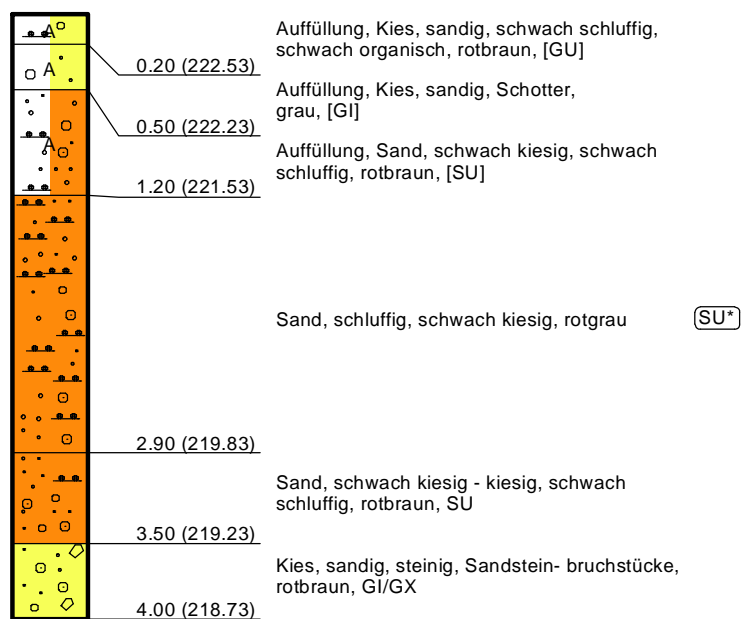
- Hoher Eindringwiderstand => Bohrabbruch -



M. 1:50

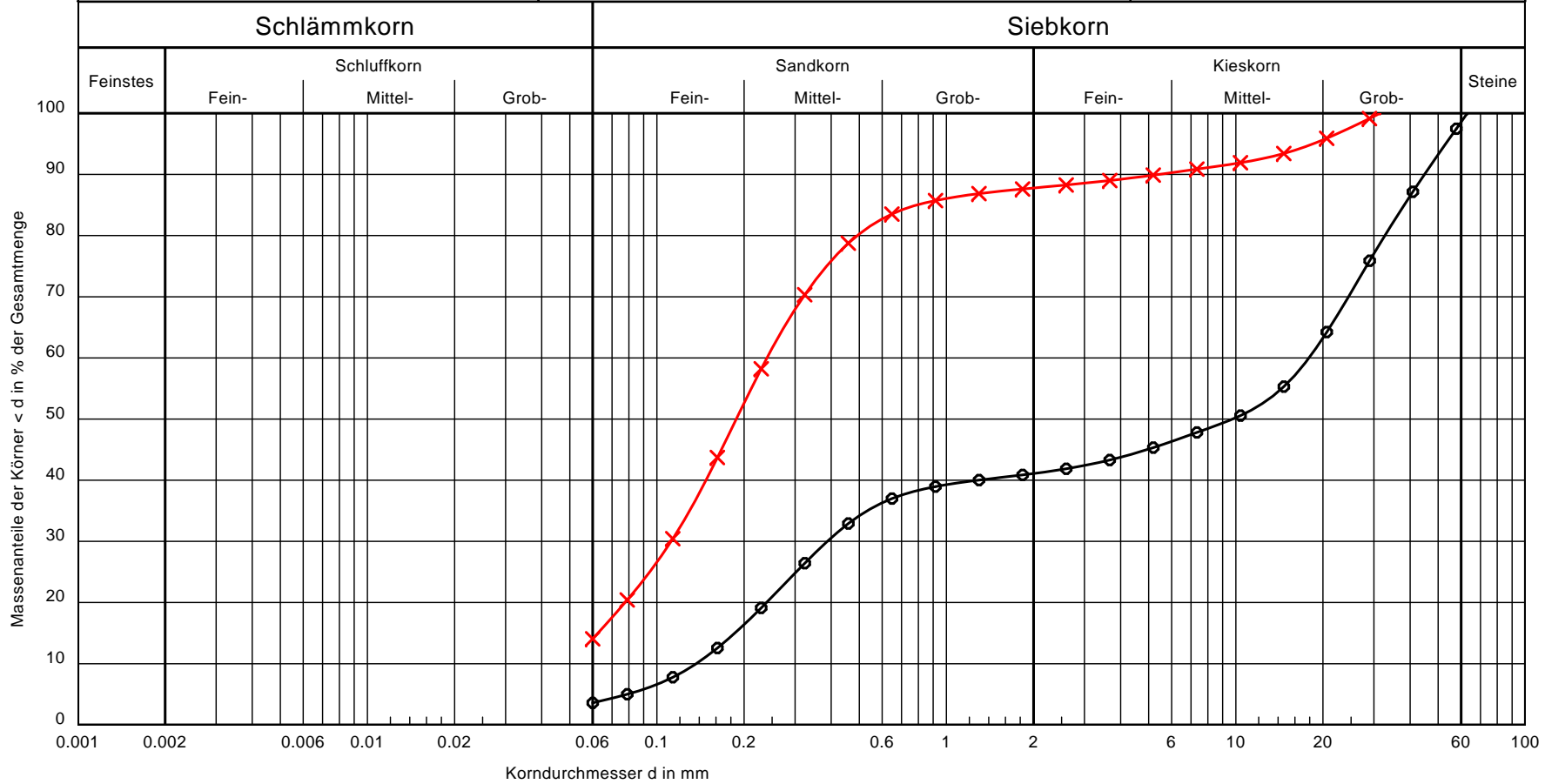
### BS 11

222,73 mNN





Bearbeiter: We.	Datum: 27.10.16	<b>Körnungslinie (DIN 18123)</b> <b>IBES Baugrundinstitut GmbH</b> Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße	Probe entnommen am: 17.-25.10.16 Art der Entnahme: gestört Arbeitsweise: Nasssiebung
-----------------	-----------------	--	--



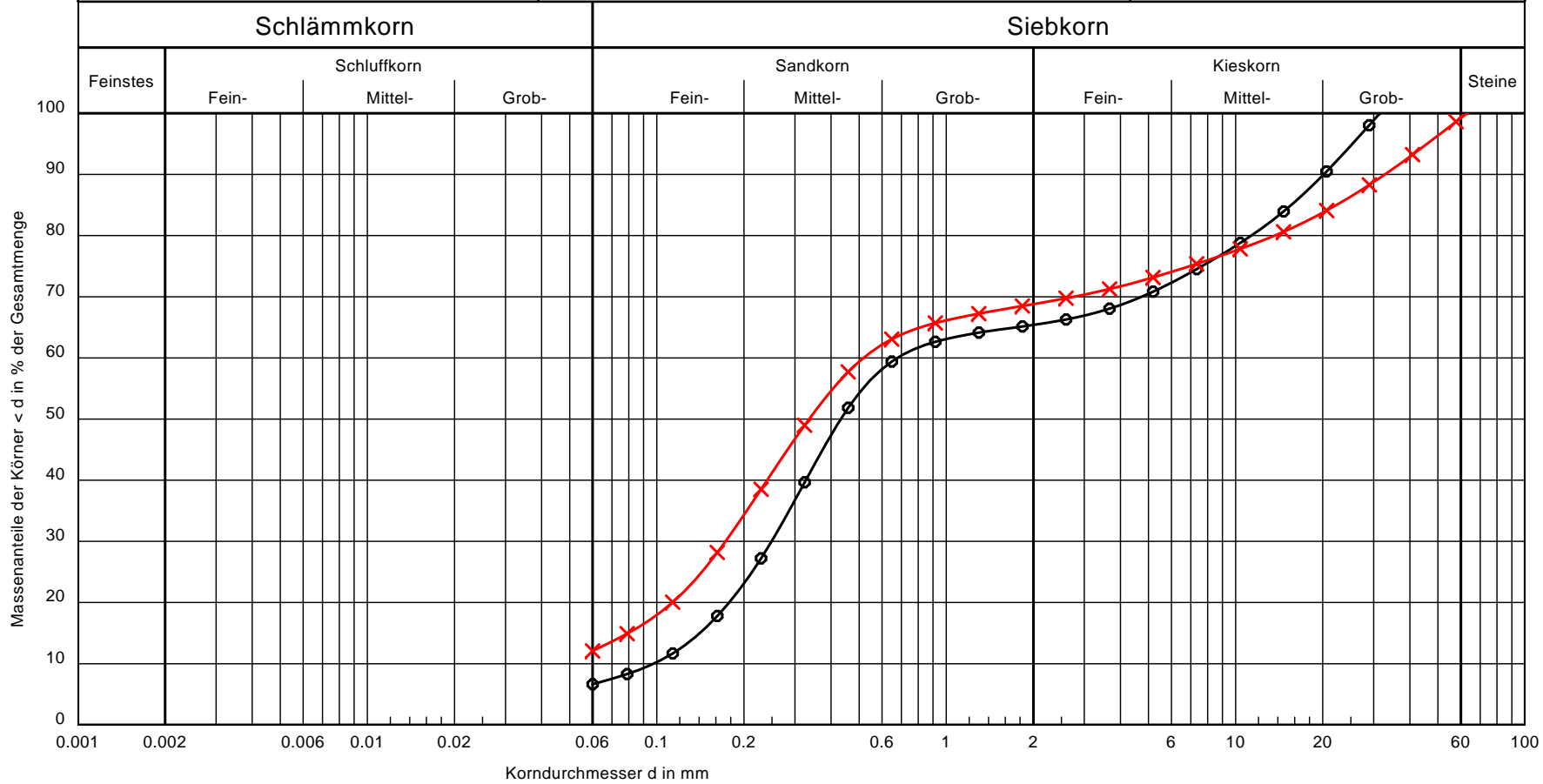
Labornummer:	1648	12649
Bodenart:	G, s	S, u', g'
Tiefe:	3,50 m - 4,90 m	4,390 m - 14,00 m
k [m/s] (Beyer):	1.1 * 10 <sup>-4</sup>	-
Entnahmestelle:	BK 1	BK 1
U/Cc	130.8/0.1	-/-
T/U/S/G [%]:	- /3.6/37.5/57.5	- /14.1/73.7/12.2
Bodengruppe:	GI	SU
Signatur:	○ — ○	× — ×

16.424.1 Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

Anlage 6.1.1.1



Bearbeiter: We.	Datum: 27.10.16	<b>Körnungslinie (DIN 18123)</b> <b>IBES Baugrundinstitut GmbH</b> Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße	Probe entnommen am: 17.-25.10.16 Art der Entnahme: gestört Arbeitsweise: Nasssiebung
-----------------	-----------------	--	--



Labornummer:	12658	12659
Bodenart:	S, g, u'	S, g, u'
Tiefe:	4,00 m - 5,50 m	5,50 m - 12,50 m
k [m/s] (Beyer):	$7.6 \cdot 10^{-5}$	-
Entnahmestelle:	BK 2	BK 2
U/Cc	7.0/0.9	-/-
T/U/S/G [%]:	- /6.6/58.7/34.6	- /12.1/56.7/30.4
Bodengruppe:	SU	SU
Signatur:	○ — ○	× — ×

16.424.1 Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

Anlage 6.1.2



Bearbeiter: We.

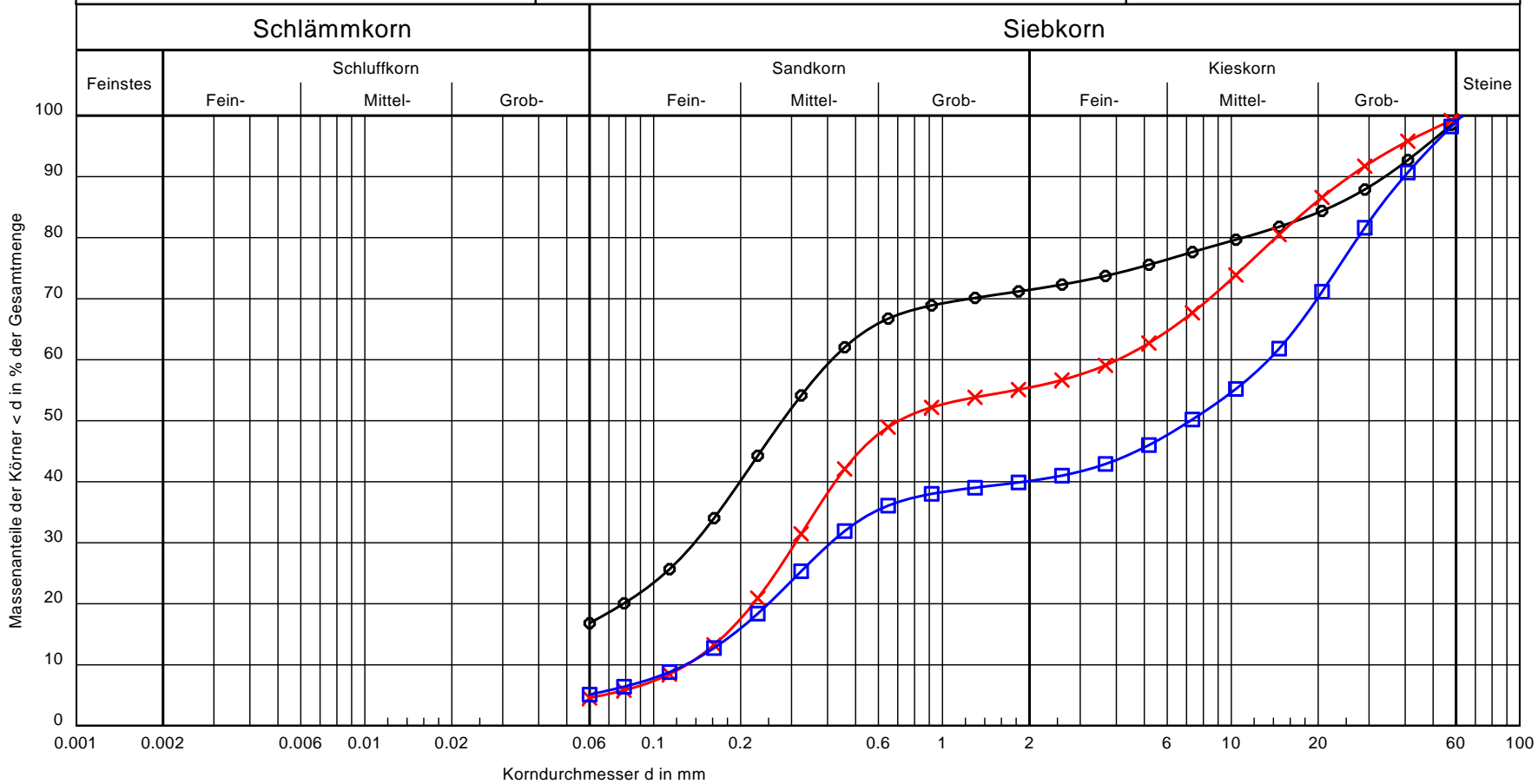
Datum: 27.10.16

**Körnungslinie (DIN 18123)**  
**IBES Baugrundinstitut GmbH**  
 Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße

Probe entnommen am: 17.-25.10.16

Art der Entnahme: gestört

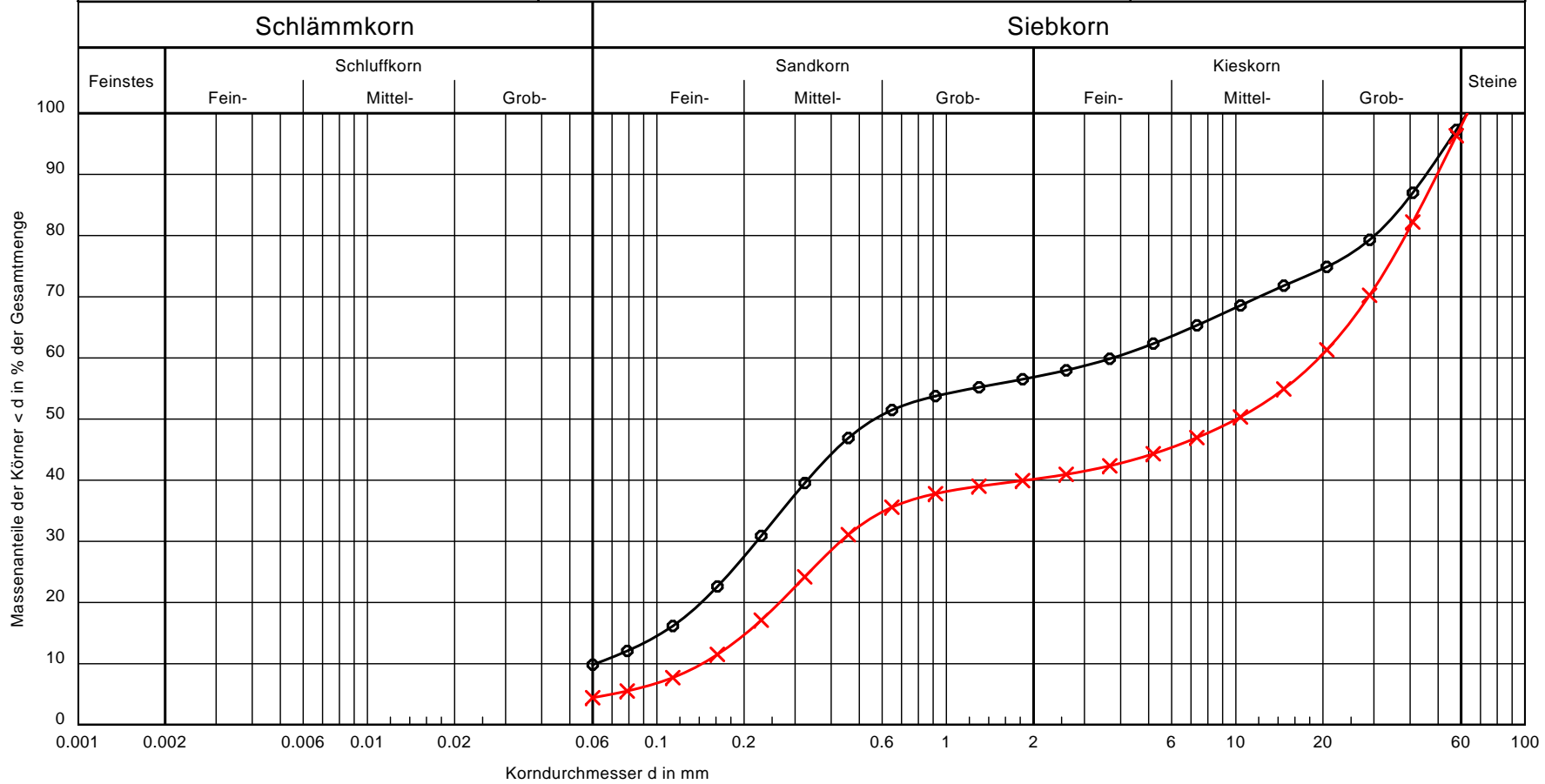
Arbeitsweise: Nasssiebung



Labornummer:	12665	12666	12667
Bodenart:	S, g, u	S, G	G, s, u'
Tiefe:	0,20 m - 3,00 m	3,00 m - 4,00 m	4,60 m - 12,10 m
k [m/s] (Beyer):	-	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	BK 3	BK 3	BK 3
U/Cc	-/-	31.1/0.2	104.7/0.1
T/U/S/G [%]:	- /16.8/54.6/27.7	- /4.6/50.9/44.1	- /5.1/35.0/58.8
Bodengruppe:	SU*	GI	GU
Signatur:	○—○	×—×	□—□



Bearbeiter: We.	Datum: 27.10.16	<b>Körnungslinie (DIN 18123)</b> <b>IBES Baugrundinstitut GmbH</b> Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße	Probe entnommen am: 17.-25.10.16 Art der Entnahme: gestört Arbeitsweise: Nasssiebung
-----------------	-----------------	--	--



Labornummer:	1374	12675
Bodenart:	S, G, u'	G, s
Tiefe:	1,80 m - 3,60 m	3,60 m - 12,00 m
k [m/s] (Beyer):	$2.4 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	BK 4	BK 4
U/Cc	61.2/0.2	135.3/0.1
T/U/S/G [%]:	- /9.8/47.0/41.6	- /4.4/35.7/57.7
Bodengruppe:	GU	GI
Signatur:	○ — ○	× — ×

16.424.1 Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

Anlage 6.1.4



Bearbeiter: We.

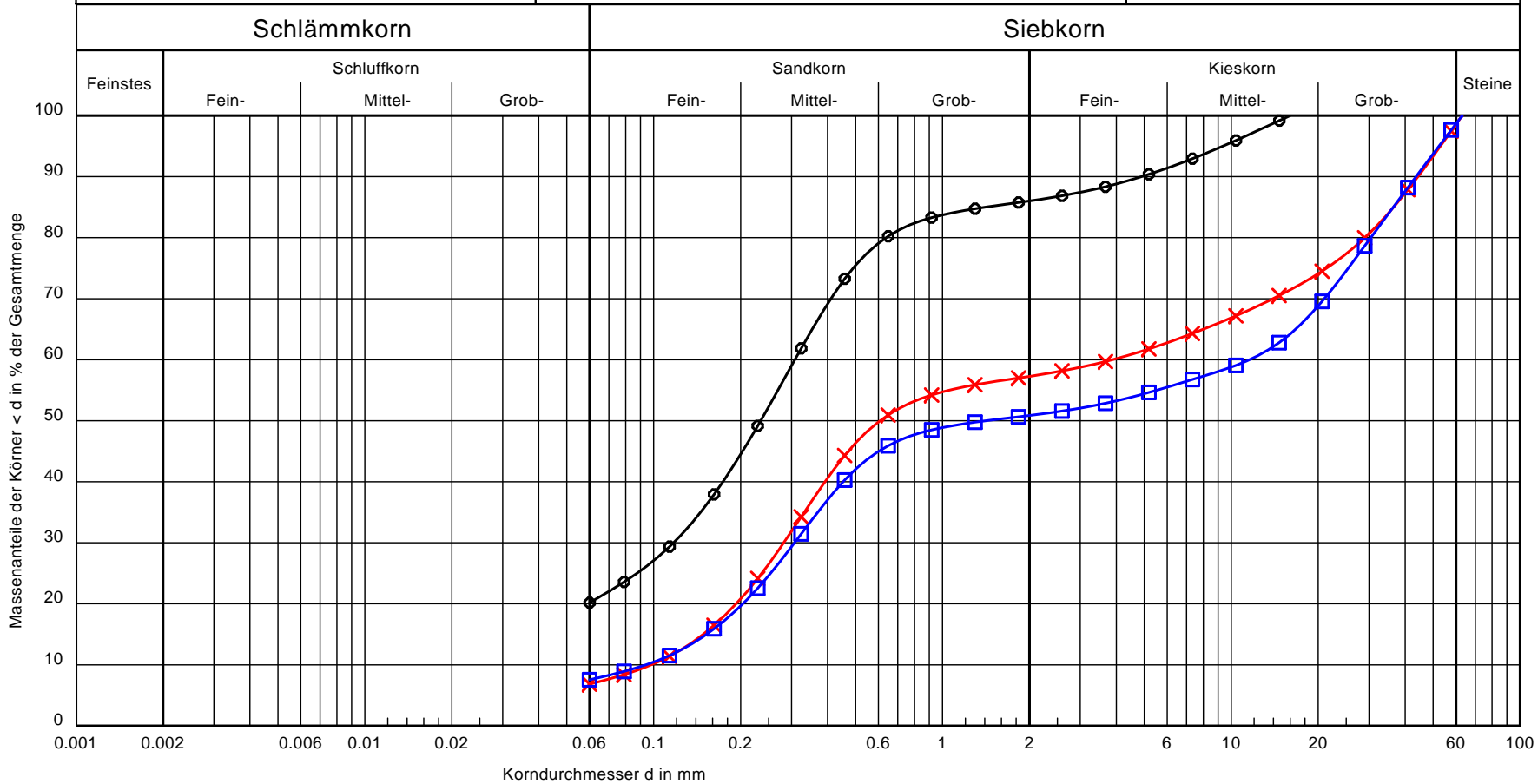
Datum: 27.10.16

**Körnungslinie (DIN 18123)**  
**IBES Baugrundinstitut GmbH**  
 Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße

Probe entnommen am: 17.-25.10.16

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Labornummer:	12680	12682	12684
Bodenart:	S, u, g'	S, G, u'	G, S, u'
Tiefe:	3,10 m - 5,20 m	6,00 m - 12,00 m	12,60 m - 15,00 m
k [m/s] (Beyer):	-	$6.0 \cdot 10^{-5}$	$5.5 \cdot 10^{-5}$
Entnahmestelle:	BK 5	BK 5	BK 5
U/Cc	-/-	39.6/0.2	123.1/0.1
T/U/S/G [%]:	- /20.2/65.8/14.0	- /6.8/50.4/41.3	- /7.6/43.3/47.8
Bodengruppe:	SU*	GU	GU
Signatur:	○—○	×—×	□—□



Bearbeiter: We.

Datum: 27.10.16

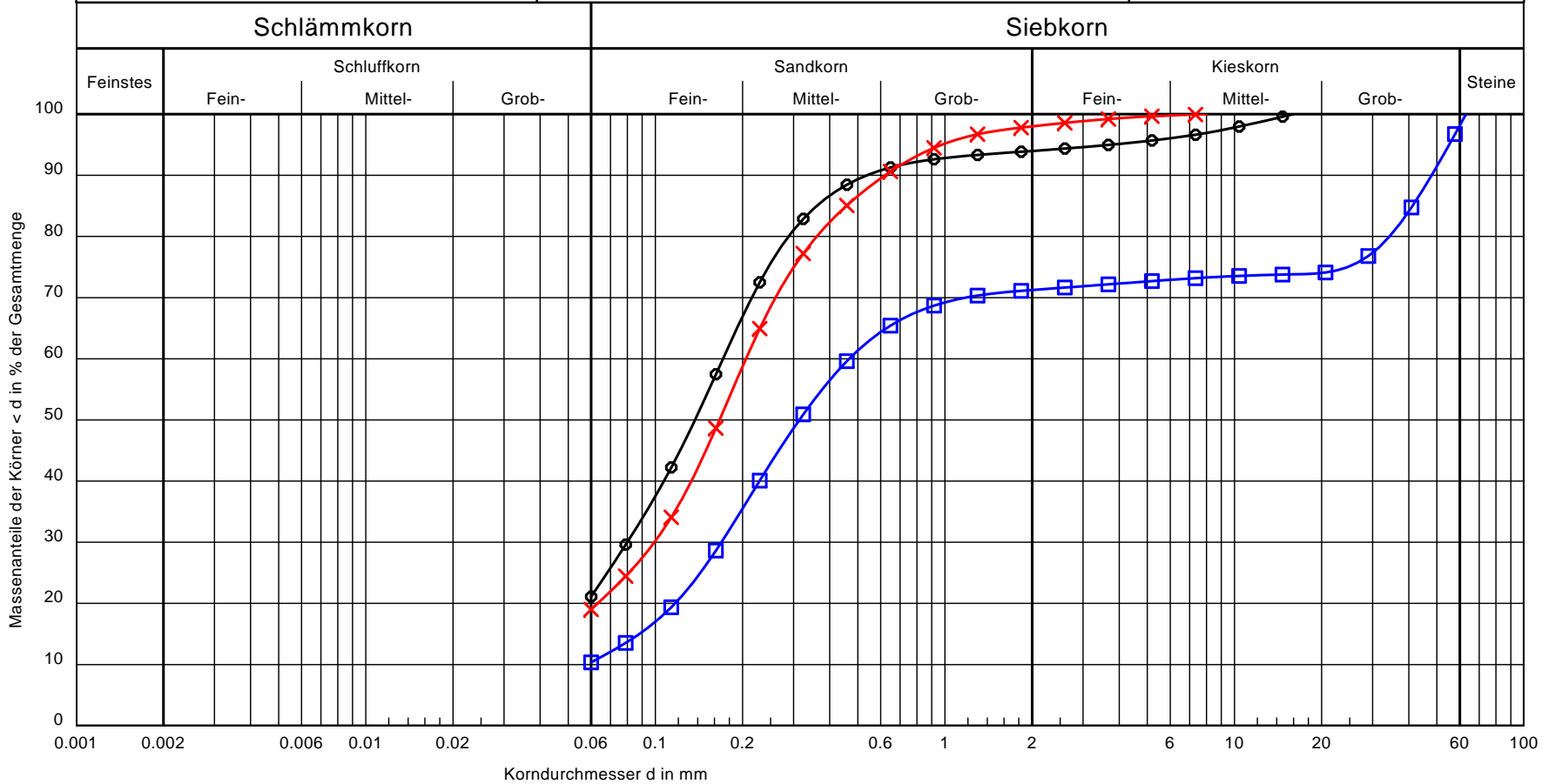
### Körnungslinie (DIN 18123)

**IBES Baugrundinstitut GmbH**  
Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße

Probe entnommen am: 17.-25.10.16

Art der Entnahme: gestört

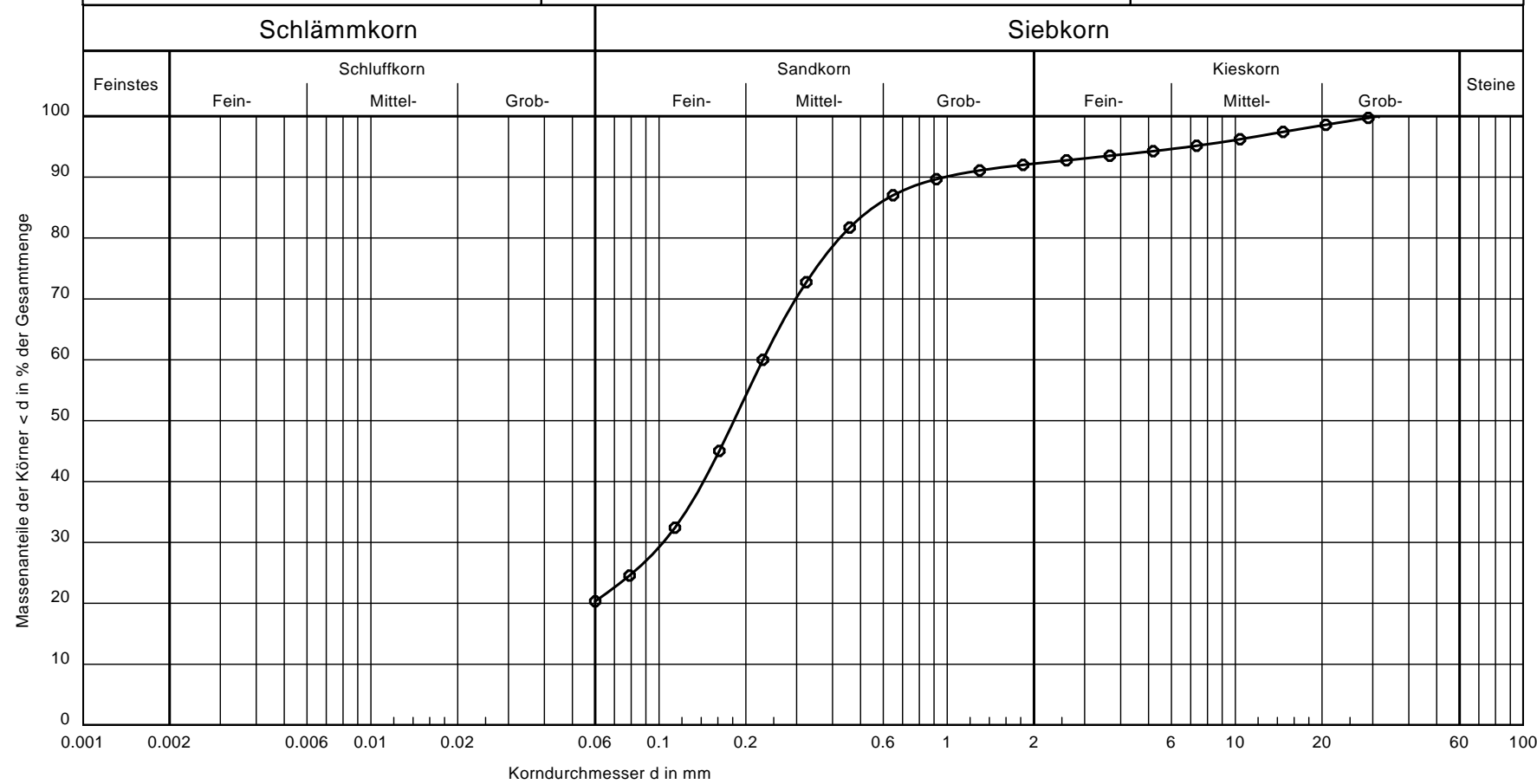
Arbeitsweise: Nasssiebung



Labornummer:	12690	12693	12694
Bodenart:	S, u, g'	S, u	S, g, u'
Tiefe:	0,40 m - 1,80 m	8,00 m - 10,30 m	10,30 m - 15,50 m
k [m/s] (Beyer):	-	-	-
Entnahmestelle:	BK 6	BK 6	BK 6
U/Cc	-/-	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	- /21.1/72.9/6.0	- /19.0/79.0/2.0	- /10.4/60.9/26.9
Bodengruppe:	SU*	SU*	SU
Signatur:			



Bearbeiter: We.	Datum: 27.10.16	<b>Körnungslinie (DIN 18123)</b> <b>IBES Baugrundinstitut GmbH</b> Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße	Probe entnommen am: 17.-25.10.16 Art der Entnahme: gestört Arbeitsweise: Nasssiebung
-----------------	-----------------	--	--



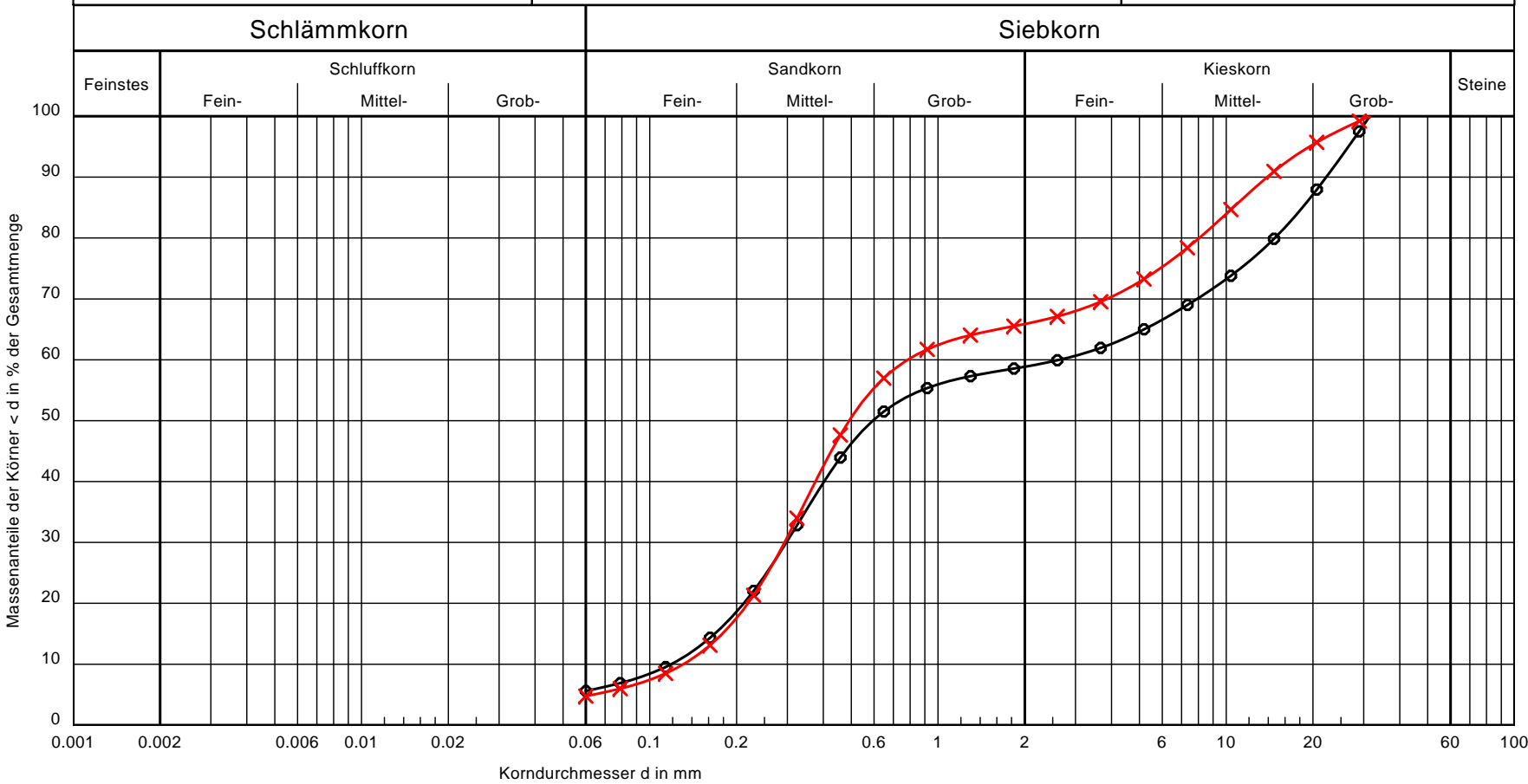
Labornummer:	12702
Bodenart:	S, u, g'
Tiefe:	3,40 m- 8,00 m
k [m/s] (Beyer):	-
Entnahmestelle:	BK 7
U/Cc	-/-
T/U/S/G [%]:	- /20.3/71.9/7.8
Bodengruppe:	SU*
Signatur:	

16.424.1 Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

Anlage 6.1.7



Bearbeiter: We.	Datum: 27.10.16	<b>Körnungslinie (DIN 18123)</b> <b>IBES Baugrundinstitut GmbH</b> Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße	Probe entnommen am: 17.-25.10.16 Art der Entnahme: gestört Arbeitsweise: Nasssiebung
-----------------	-----------------	--	--



Labornummer:	12313	12314
Bodenart:	S, G, u'	S, g
Tiefe:	2,00 m - 4,50 m	4,50 m - 6,00 m
k [m/s] (Beyer):	$8.8 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	BS 8	BS 8
U/Cc	22.3/0.3	6.0/0.8
T/U/S/G [%]:	- /5.6/53.3/41.1	- /4.8/61.1/34.1
Bodengruppe:	GU	SI
Signatur:	○ — ○	✕ — ✕

16.424.1 Beseitigung Bahnübergang Wp 90 in Weidenthal

Anlage 6.1.8



Bearbeiter: We.

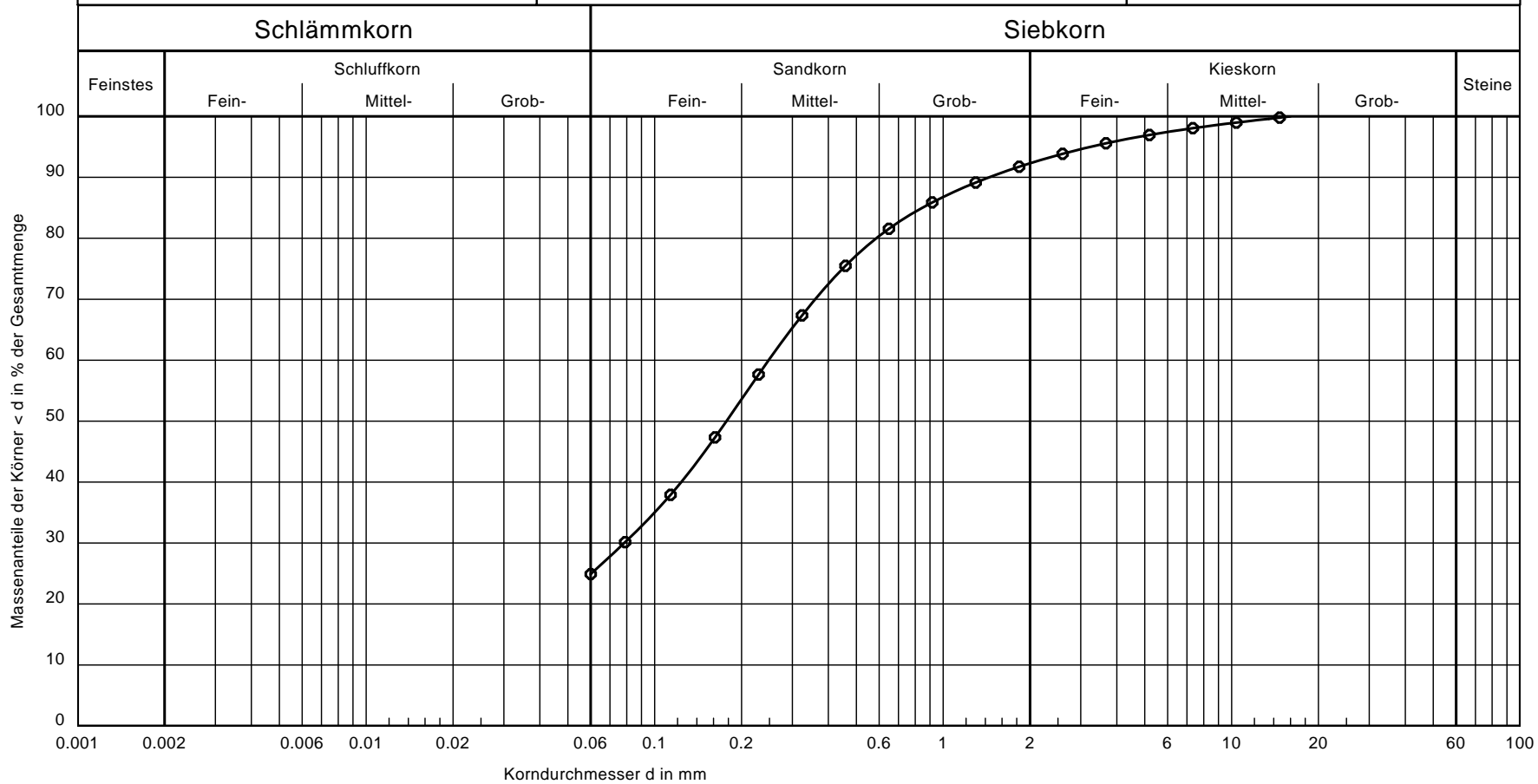
Datum: 27.10.16

**Körnungslinie (DIN 18123)**  
**IBES Baugrundinstitut GmbH**  
 Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Weinstraße

Probe entnommen am: 17.-25.10.16

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Labornummer:	12329
Bodenart:	S, u, g'
Tiefe:	1,20 m - 2,90 m
k [m/s] (Beyer):	-
Entnahmestelle:	BS 11
U/Cc	-/-
T/U/S/G [%]:	- /24.9/67.4/7.7
Bodengruppe:	SU*
Signatur:	



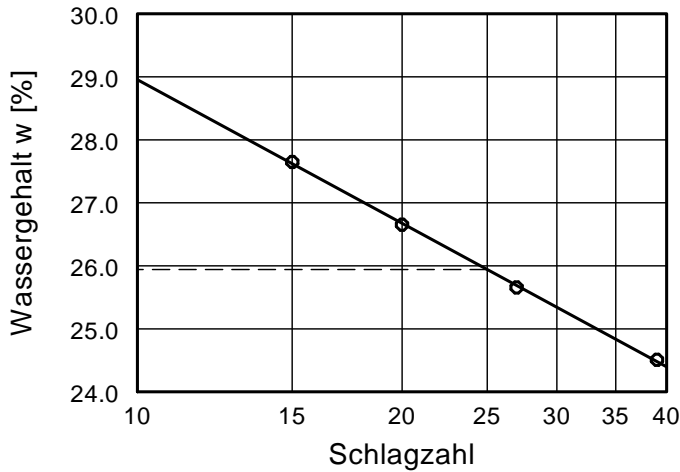


# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

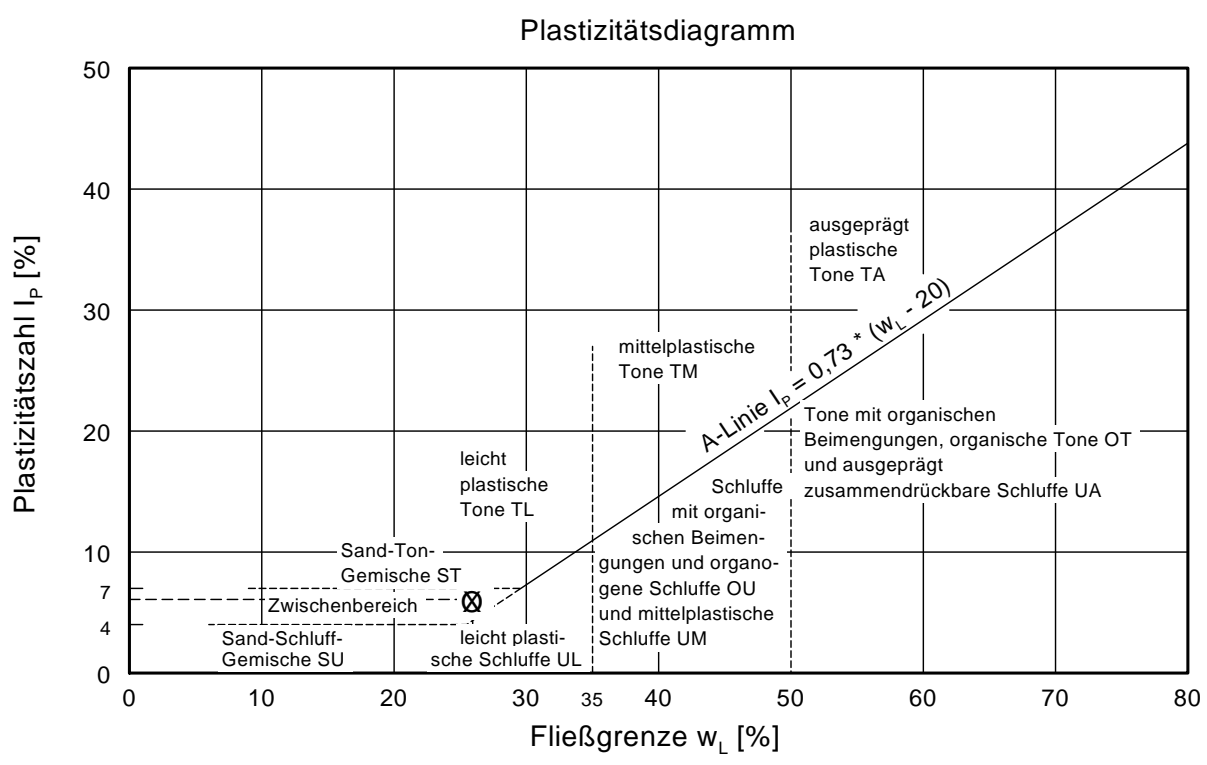
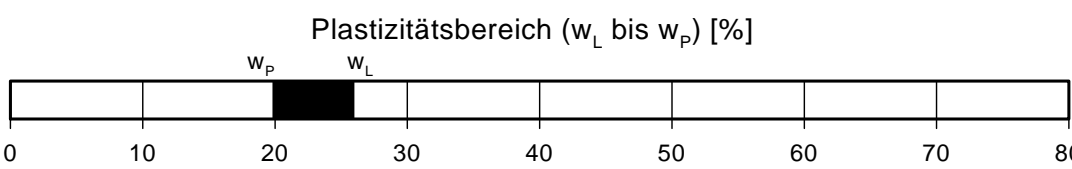
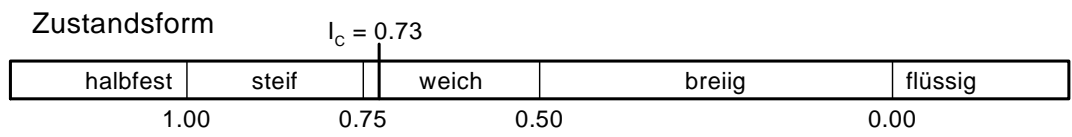
Labornummer: 12701  
 Entnahmestelle: BK 7  
 Tiefe: 1,80 m - 3,40 m  
 Bodengruppe: TL  
 Art der Entnahme: gestört  
 Probe entnommen am: 17.-25.10.16

Bearbeiter: Jg.

Datum: 27.10.16



Wassergehalt w =	21.5 %
Fließgrenze $w_L$ =	25.9 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	19.9 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	6.1
Konsistenzzahl $I_C$ =	0.73





## Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1

Projekt - Nr: 16.424.1	Entnahmeart: gestört
Projekt:	Entnahme am: 17.-25.10.16
Ausgf. durch: Mg.	Datum: 26.10.16
	durch:

Labornummer:	12701					
Entnahmestelle (km):	BK 7					
Entnahmetiefe [m]:	1,8-3,4					
Behälter Nr.	33					
Feuchte Probe + Behälter $m+m_b$ [g]	223,48					
Trock. Probe + Behälter $m_d + m_b$ [g]	196,43					
Behälter $m_b$ [g]	70,75					
Wasser $(m_a+m_b)-(m_d+m_b)=m_w$ [g]	27,05					
Trockene Probe $m_d$ [g]	125,68					
Wassergehalt $w=(m_w/m_d).100$ [%]	<b>21,52</b>					



---

**Untersuchungsergebnisse der chemischen**  
**Wasseranalyse**  
**- Analysenprotokolle -**

gefertigt von  
**AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg**

- 5 Blatt inkl. Deckblatt -

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

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

Datum 02.11.2016  
 Kundennr. 27014775

## PRÜFBERICHT 2081058 - 612895

Auftrag **2081058 16.424.1 BÜ Weidenthal**  
 Analysennr. **612895 Wasser**  
 Probeneingang **27.10.2016**  
 Probenahme **25.10.2016**  
 Probenehmer **Auftraggeber**  
 Kunden-Probenbezeichnung **WP 2**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Grenzwert Methode

### Sensorische Prüfungen

Färbung (Labor)		<b>rot</b>			DIN EN ISO 7887 (C 1)
Trübung (Labor)		<b>undurchsichtig</b>			visuell
Geruch (Labor)		<b>ohne</b>			DEV B1/2

### Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		<b>7,56</b>	0		DIN EN ISO 10523 (C 5)
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	<b>243</b>	10		DIN EN 27888 (C 8)
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	<b>271</b>	10		DIN EN 27888 (C 8)

### Kationen

Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	<b>&lt;0,03</b>	0,03		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Calcium (Ca)	mg/l	<b>20</b>	1		DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Magnesium (Mg)	mg/l	<b>7,0</b>	1		DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

### Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	<b>11</b>	1		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	<b>11</b>	1		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	<b>29</b>	2		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	<b>&lt;0,05</b>	0,05		DIN 38405-27 (D 27)
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	<b>1,22</b>	0,1		DIN 38409-7-1 (H 7-1)
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	<b>1,21</b>	0,1		DIN 38409-7-1 (H 7-1)

### Summarische Parameter

Oxidierbarkeit (KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch)	mg/l	<b>15</b>	0,5		DIN EN ISO 8467 (H 5)
KMnO <sub>4</sub> -Index (als O <sub>2</sub> )	mg/l	<b>3,8</b>	0,13		DIN EN ISO 8467 (H 5)

### Berechnete Werte

Carbonathärte	°dH	<b>3,4</b>	0,3		Berechnung
Carbonathärte	mg/l CaO	<b>34,2</b>			Berechnung
Nichtcarbonathärte	°dH	<b>0,99</b>	0		Berechnung
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	<b>9,91</b>	0		Berechnung
Gesamthärte	°dH	<b>4,4</b>	1		Berechnung
Gesamthärte	mg/l CaO	<b>44,1</b>			Berechnung
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	<b>&lt;1</b>	1		DIN 4030
Gesamthärte (Summe Erdalkalien)	mmol/l	<b>0,787</b>	0,18		Berechnung
Betonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030)		<b>nicht angreifend</b>			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 02.11.2016  
Kundennr. 27014775

## PRÜFBERICHT 2081058 - 612895

1 Nitrat: Messung mittels automatisierter Photometrie.

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

Beginn der Prüfungen: 27.10.2016  
Ende der Prüfungen: 02.11.2016

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



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

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

Datum 26.10.2016

Kundennr. 27014775

## PRÜFBERICHT 2076183 - 608786

Auftrag **2076183 16.424.1 BÜ Weidenthal**  
 Analysennr. **608786 Wasser**  
 Probeneingang **25.10.2016**  
 Probenahme **21.10.2016**  
 Probenehmer **Auftraggeber**  
 Kunden-Probenbezeichnung **WP 1**

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Grenzwert Methode

### Sensorische Prüfungen

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

### Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		<b>7,37</b>	0		DIN EN ISO 10523 (C 5)
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	<b>371</b>	10		DIN EN 27888 (C 8)
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	<b>414</b>	10		DIN EN 27888 (C 8)

### Kationen

Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	<b>&lt;0,03</b>	0,03		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Calcium (Ca)	mg/l	<b>58</b>	1		DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Magnesium (Mg)	mg/l	<b>7,5</b>	1		DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

### Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	<b>37</b>	1		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	<b>14</b>	1		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	<b>18</b>	2		DIN ISO 15923-1 (D 42)
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	<b>&lt;0,05</b>	0,05		DIN 38405-27 (D 27)
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	<b>3,48</b>	0,1		DIN 38409-7-1 (H 7-1)
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	<b>2,75</b>	0,1		DIN 38409-7-1 (H 7-1)

### Summarische Parameter

Oxidierbarkeit (KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch)	mg/l	<b>9,7</b>	0,5		DIN EN ISO 8467 (H 5)
KMnO <sub>4</sub> -Index (als O <sub>2</sub> )	mg/l	<b>2,5</b>	0,13		DIN EN ISO 8467 (H 5)

### Berechnete Werte

Carbonathärte	°dH	<b>9,7</b>	0,3		Berechnung
Carbonathärte	mg/l CaO	<b>97,4</b>			Berechnung
Nichtcarbonathärte	°dH	<b>0,11</b>	0		Berechnung
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	<b>1,12</b>	0		Berechnung
Gesamthärte	°dH	<b>9,8</b>	1		Berechnung
Gesamthärte	mg/l CaO	<b>98,6</b>			Berechnung
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	<b>&lt;1</b>	1		DIN 4030
Gesamthärte (Summe Erdalkalien)	mmol/l	<b>1,76</b>	0,18		Berechnung
Betonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030)		<b>nicht angreifend</b>			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 26.10.2016  
Kundennr. 27014775

## PRÜFBERICHT 2076183 - 608786

1 Nitrat: Messung mittels automatisierter Photometrie.

**AGROLAB Labor GmbH, Katharina Lietz, Tel. 08765/93996-84  
Fax 08765/93996-28, E-Mail Katharina.Lietz@agrolab.de  
Kundenbetreuung**

Beginn der Prüfungen: 25.10.2016

Ende der Prüfungen: 26.10.2016

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





---

**Darstellung der Homogenbereiche nach**  
**DIN 18 300 / DIN 18 301 / DIN 18 304 / DIN 18 311**  
**DIN 18 319 / DIN 18 320 / DIN 18 321 / DIN 18 324**

**Ingenieurgeologischer Schnitt,  
Kennwerttabelle und Kornsummenbänder**

gefertigt von

**IBES Baugrundinstitut GmbH, Neustadt**

10 Blatt incl. Deckblatt





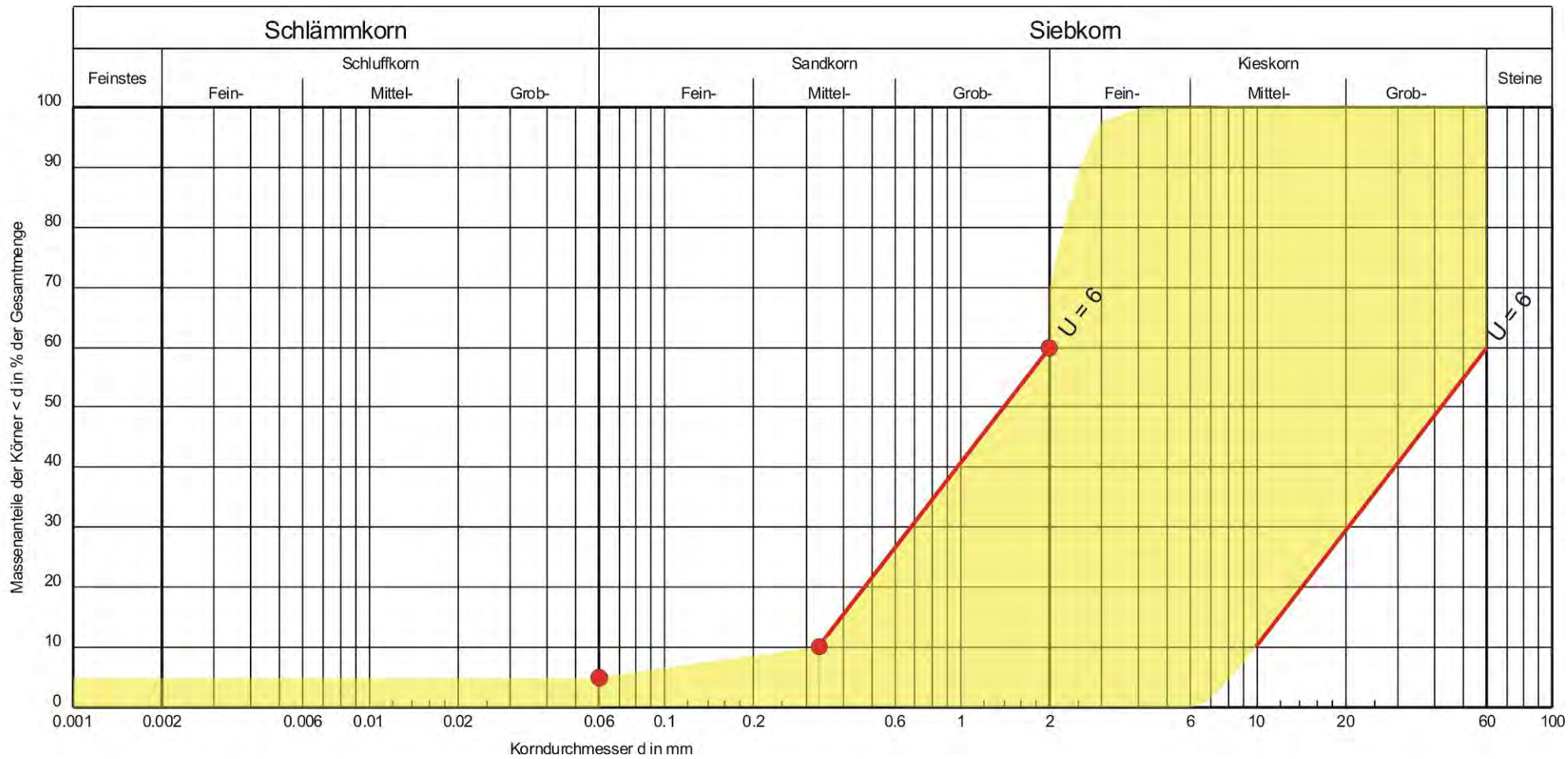
HOMOGENBEREICHE / BODENSCHICHTEN																	
Nr.	Eigenschaften	Anmerkung	Kürzel [Einheit]	HB A				HB B	HB C				HB D				
				Auffüllungen				Deckschichten	Sande / Kiese				Festgestein				
				Sand, Kies				Schluff / Ton	Sand		Kies	Steine / (Kies)		Buntsandstein			
				[OH]	[SI], [SE], [SU]	[SU*]	[GI], [GU]	TL, TL/SU*	SI, SU	SU*	GI, GU	GX, GI/GX	(VZ / SU*, ST*)	(VZ / TM)	(VE)	(VA)	
1	Schichtkomplex	-	-														
2	Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden, Auffüllung, quartäre Sande etc.	-	Oberboden / organischer Sand													
3	Bodengruppe nach DIN 18196 (Gesteinsmerkmal)	-	-	Bodengruppe 1 (organischer Boden)													
4	Bodengruppe nach DIN 18915	-	-														
5	Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 (s. Anhang "graphische Darstellung der Körnungsbänder") <sup>1)</sup>	Körnungsband	-		KSB 3, KSB 4, KSB 6	KSB 8	KSB 1, KSB 5	KSB 9 (KSB 8)	KSB 3, KSB 6	KSB 8	KSB 1, KSB 5		(KSB 8)	(KSB 9)	-	-	
6	Massenanteil Steine, Blöcke, und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1 <sup>2)</sup>	Steine (63 - 200 mm) Blöcke (200 - 630 mm) große Blöcke (> 630 mm)	[M.-%]	< 10 k.A. k.A.	< 15 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 10 k.A. k.A.	< 15 k.A. k.A.	< 20 k.A. k.A.	< 15 k.A. k.A.	≥ 30 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.	Quarz, Feldspäte und Tonminerale				
8	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	-	l <sub>c</sub> [-]	-	n.b.	n.b.	n.b.	0,65 - ≥ 1,0	n.b.	(0,8 ≥ 1,0)	n.b.	n.b.	≥ 1,0	≥ 1,0	n.b.	n.b.	
9	Konsistenz DIN EN ISO 14688-1	-	w <sub>L</sub> [-] w <sub>P</sub> [-]	-	n.b.	n.b.	n.b.	0,25 - 0,40 0,20 - 0,25	n.b.	< 0,25 < 0,20	n.b.	n.b.	< 0,25 < 0,20	0,25 - 0,40 0,20 - 0,25	n.b.	n.b.	
10	Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	-	I <sub>p</sub> [-]	-	n.b.	n.b.	n.b.	0,02 - 0,25	n.b.	< 0,02	n.b.	n.b.	< 0,02	0,02 - 0,25	n.b.	n.b.	
11	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 (oberhalb des Grundwasserspiegels)	-	w [%]	-	5 - 20	10 - 20	8 - 15	20 - 30	5 - 20	10 - 20	5 - 20	5 - 15	10 - 20	20 - 25	n.b.	n.b.	
12	bezogene Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14688-2	-	- I <sub>D</sub> [%]	-	i. M. locker 10 - 30	i. M. locker 10 - 30	i. M. locker 10 - 30	n.b.	mitteldicht - dicht 50 - 100	mitteldicht - dicht 50 - 100	locker - dicht 15 - 85	mitteldicht - dicht 50 - 100	(dicht) (> 80)	n.b.	n.b.	n.b.	
13	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	-	[t/m <sup>3</sup> ]	1,6 - 1,8	1,8 - 2,0	1,9 - 2,1	1,9 - 2,1	1,9 - 2,2	1,9 - 2,2	1,9 - 2,2	1,9 - 2,3	1,8 - 2,0	2,0 - 2,2	1,9 - 2,1	2,1 - 2,3	2,3 - 2,5	
14	Organische Bestandteile nach DIN 18128	-	V <sub>gl</sub> [%]	-	< 10	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	n.b.	n.b.	
15	Benennung / Beschreibung organischer Böden nach DIN EN ISO 14688-1	faseriger Torf, zersetzter Torf, Mudd etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	Kohäsion nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 oder DIN 18137-3	-	c <sub>q</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	-	0	(0 - 2)	(0 - 2)	4 - 10	0	0-2	0	0	0-2	15	10 - 30	> 50	
17	Undrainierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2	-	c <sub>v</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	-	n.b.	< 20	n.b.	50 - 120	n.b.	< 20	n.b.	n.b.	< 30	150 - 200	n.b.	n.b.	
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.	
19	Kalkgehalt nach DIN 18129	-	V <sub>ca</sub> [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.	
20	Sulfatgehalt nach DIN EN 1997-2	-	SO <sub>4</sub> [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.	
21	Abrasivitätsbezeichnung Abrasivität nach NF P18-579 Abrasivität nach NF P94-430-1	-	- A <sub>BR</sub> [g/l] CAI [0,1mm]	-	abrasiv 250 - 500	(schw.) abrasiv 100 - 500	(stark) abrasiv 200 - 1.000	kaum abrasiv 50 - 100	(stark) abrasiv 200 - 1.000	(schw.) abrasiv 100 - 500	(stark) abrasiv 200 - 1.000	stark abrasiv 500 - 1.250	(schw.) abrasiv 100 - 500	kaum abrasiv 50 - 100	abrasiv bis stark abrasiv 1,0 - 4,0		
22	Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130-1 oder DIN 18130-2	-	k <sub>f</sub> [m/s]	-	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-2</sup>	< 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-6</sup>	< 10 <sup>-7</sup>	k.A.	k.A.	
23	Benennung Fels nach DIN EN ISO 14689-1	genetische Einheit, geologische Struktur etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sedimentgestein, geschichtet, mittelkörnig, mineralische Zusammensetzung: Quarz, Feldspäte und ähnliche Silikate		
24	Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN ISO 14689-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	verfärbt	verfärbt - frisch	
25	Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	σ <sub>u</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	> 10	> 20	
26	Spaltzugfestigkeit	-	σ <sub>t, sp</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	k.A.	k.A.	
27	Trennflächenrichtung, -abstand und Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	Fallrichtung, Fallwinkel, Schicht-/Kluftflächenabstand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	k.A.	k.A.	
28	Öffnungsweite nach DIN EN ISO 14689-1 Kluftfüllung nach DIN EN ISO 14689-1	Beschreibung der Öffnungsweite Boden, Minerale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	k.A.	k.A.	

<sup>1)</sup> Darstellung als Kornsummenband (zulässiger Sieblinienbereich für die jeweilige(n) Bodengruppe(n))

<sup>2)</sup> 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)

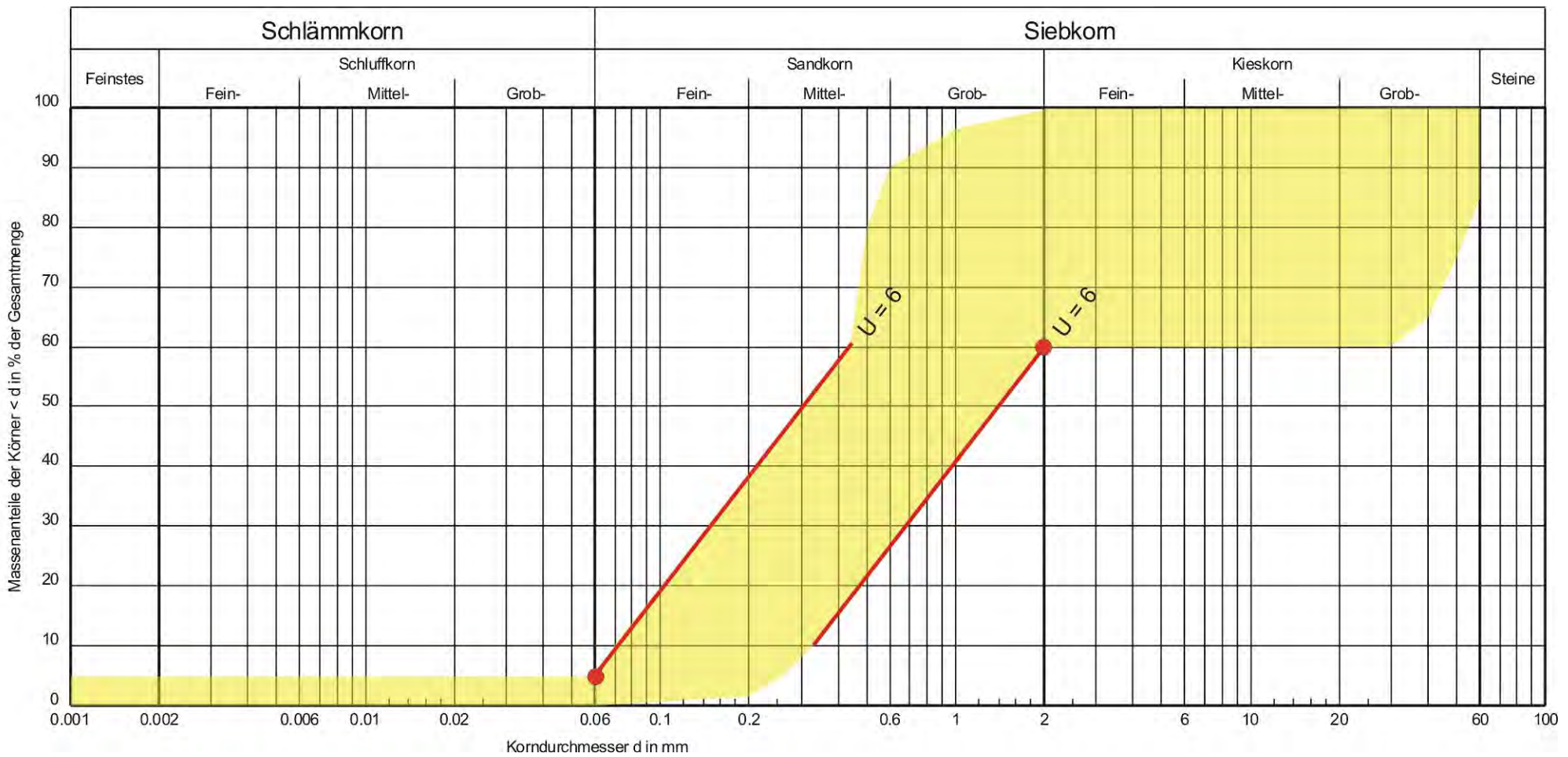
k.A. keine Angabe

n.b. nicht bestimmbar



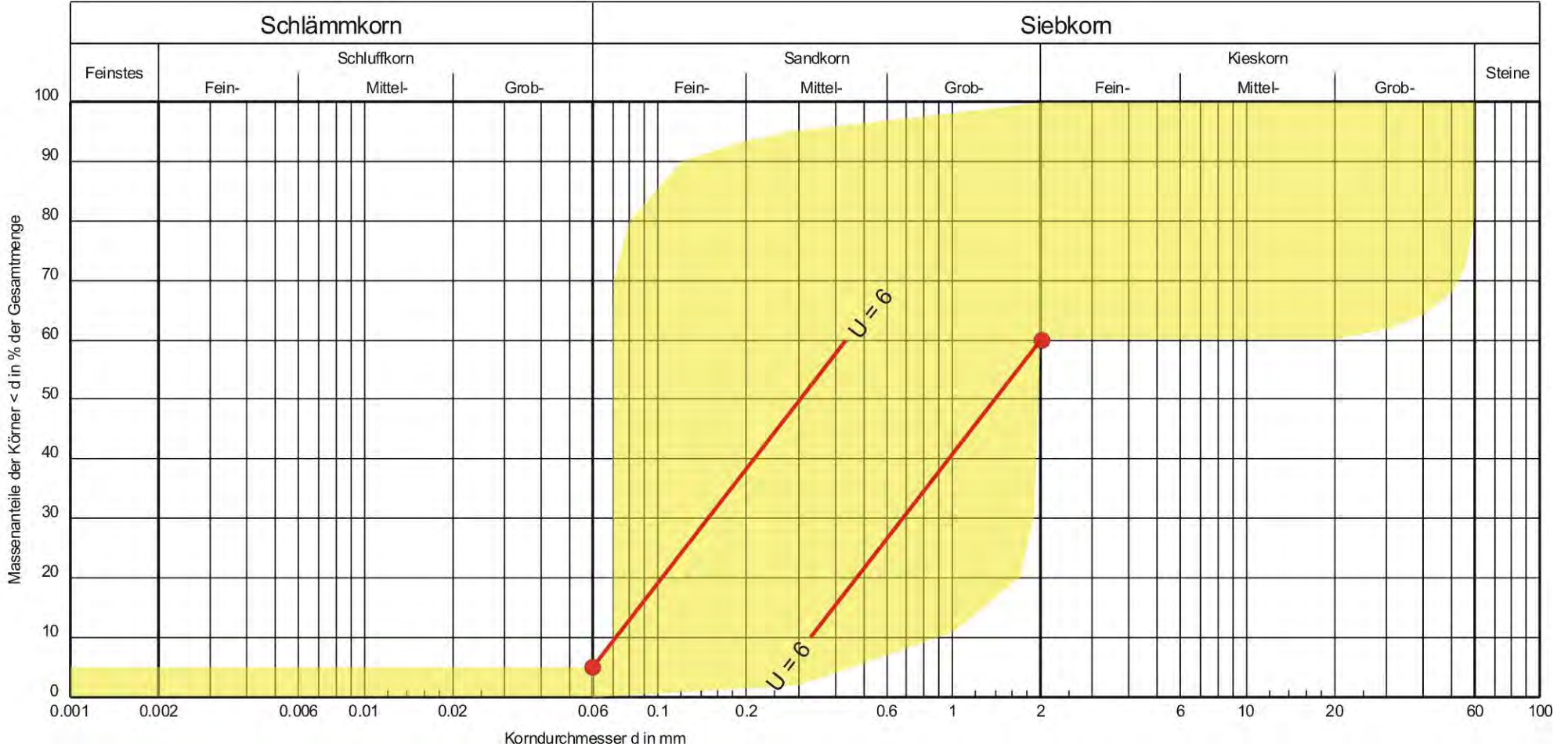
**Kornsummenband 1: GI**





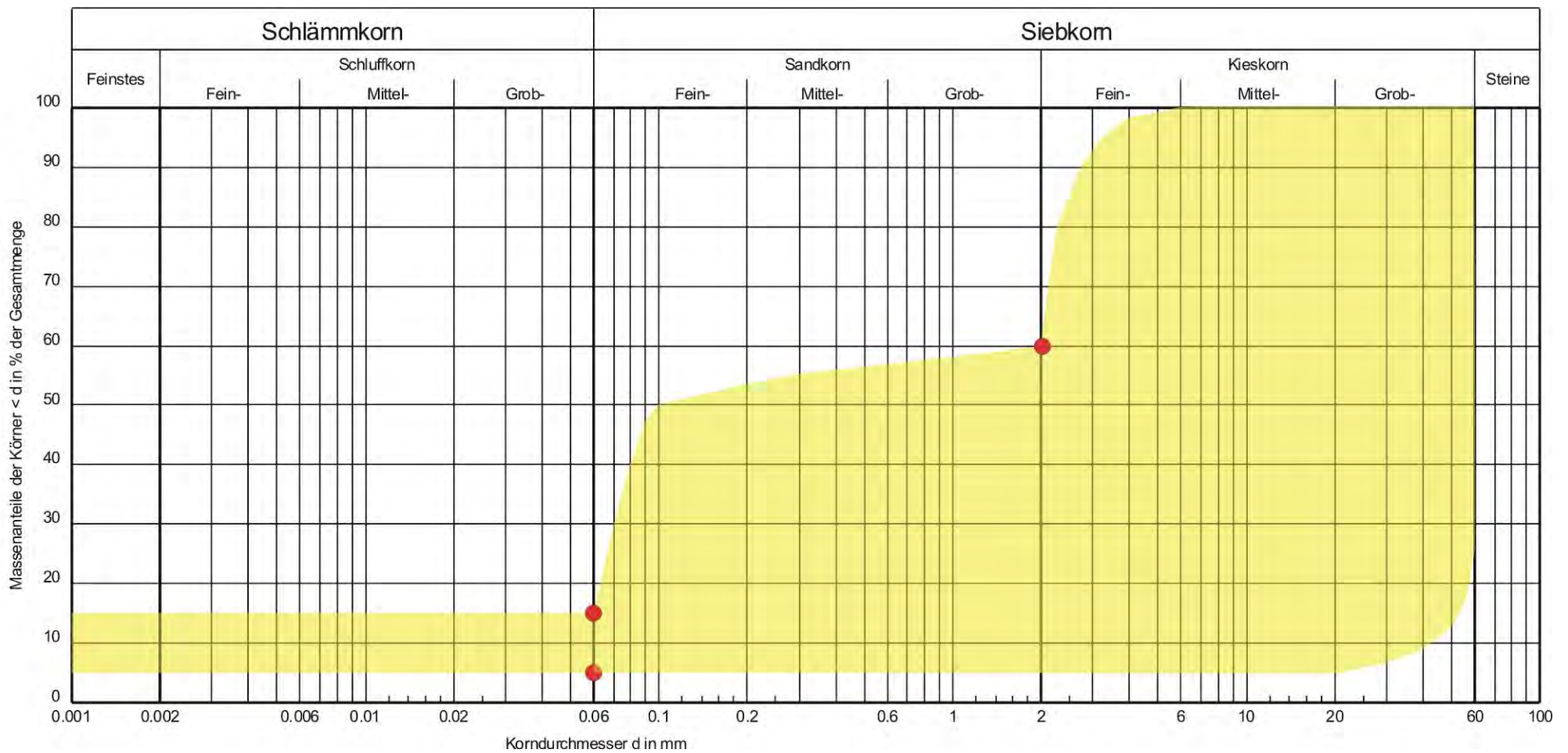
### Kornsummenband 3: SI





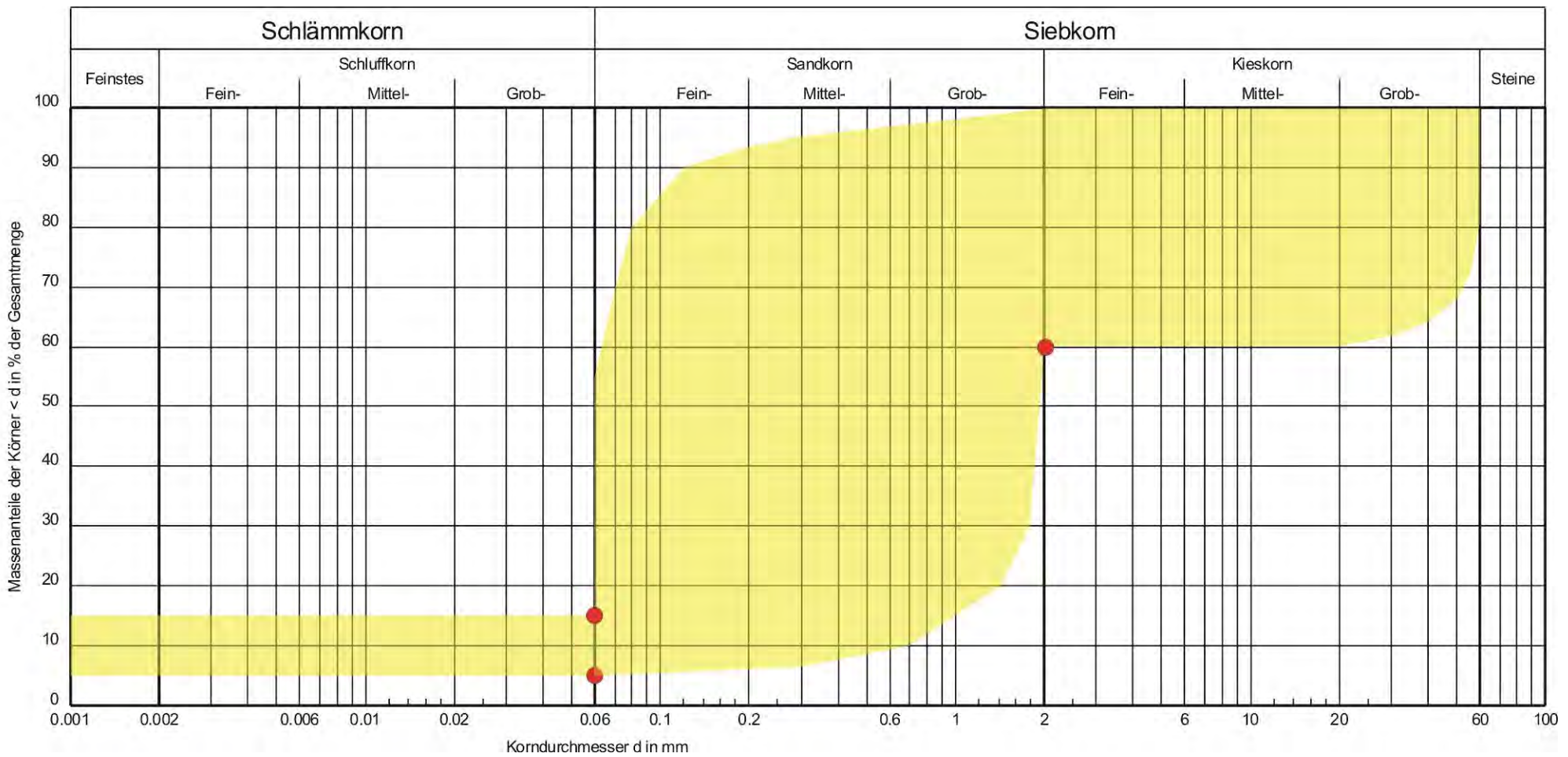
**Kornsummenband 4: SE**





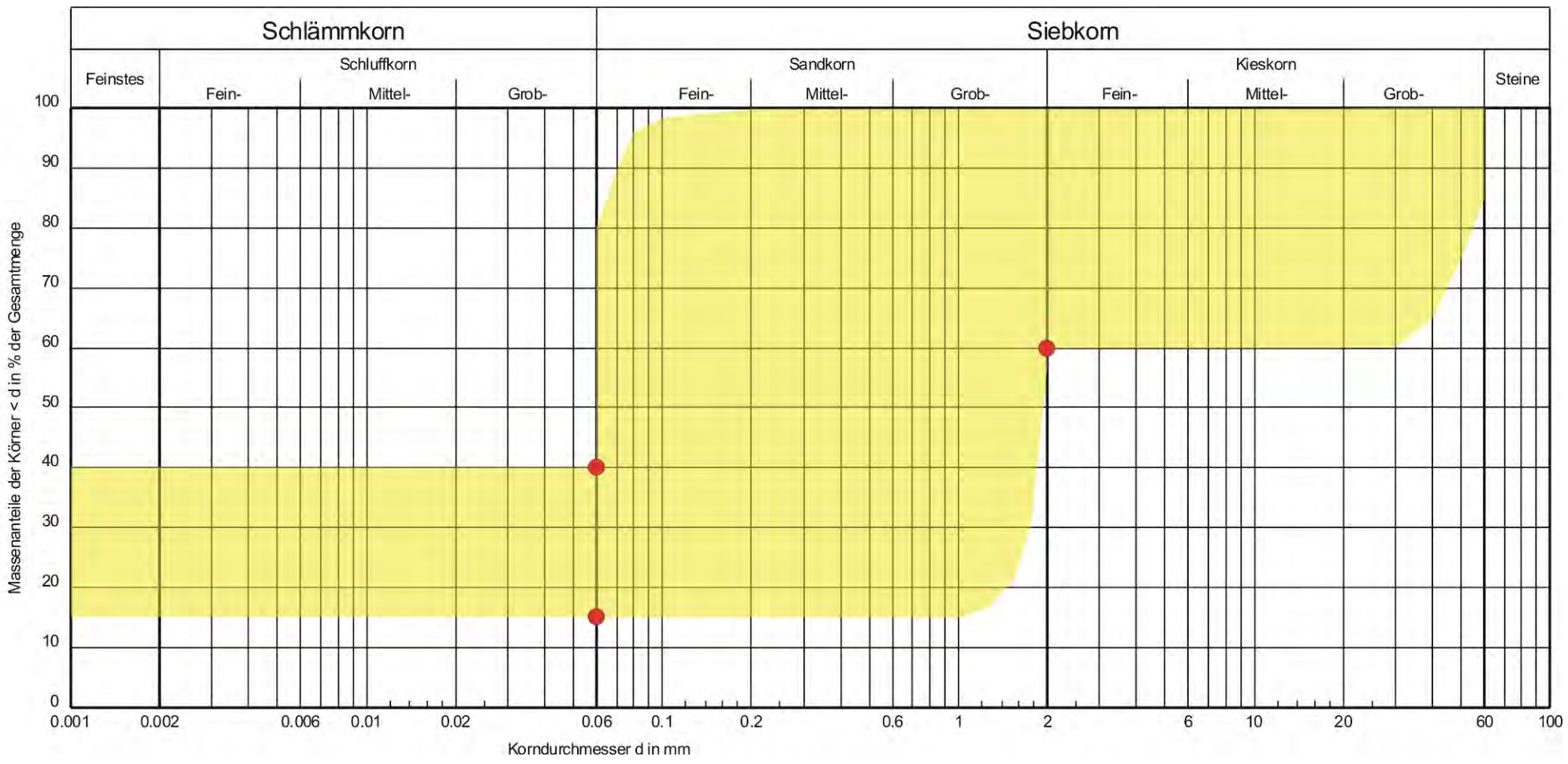
**Kornsummenband 5: GU**





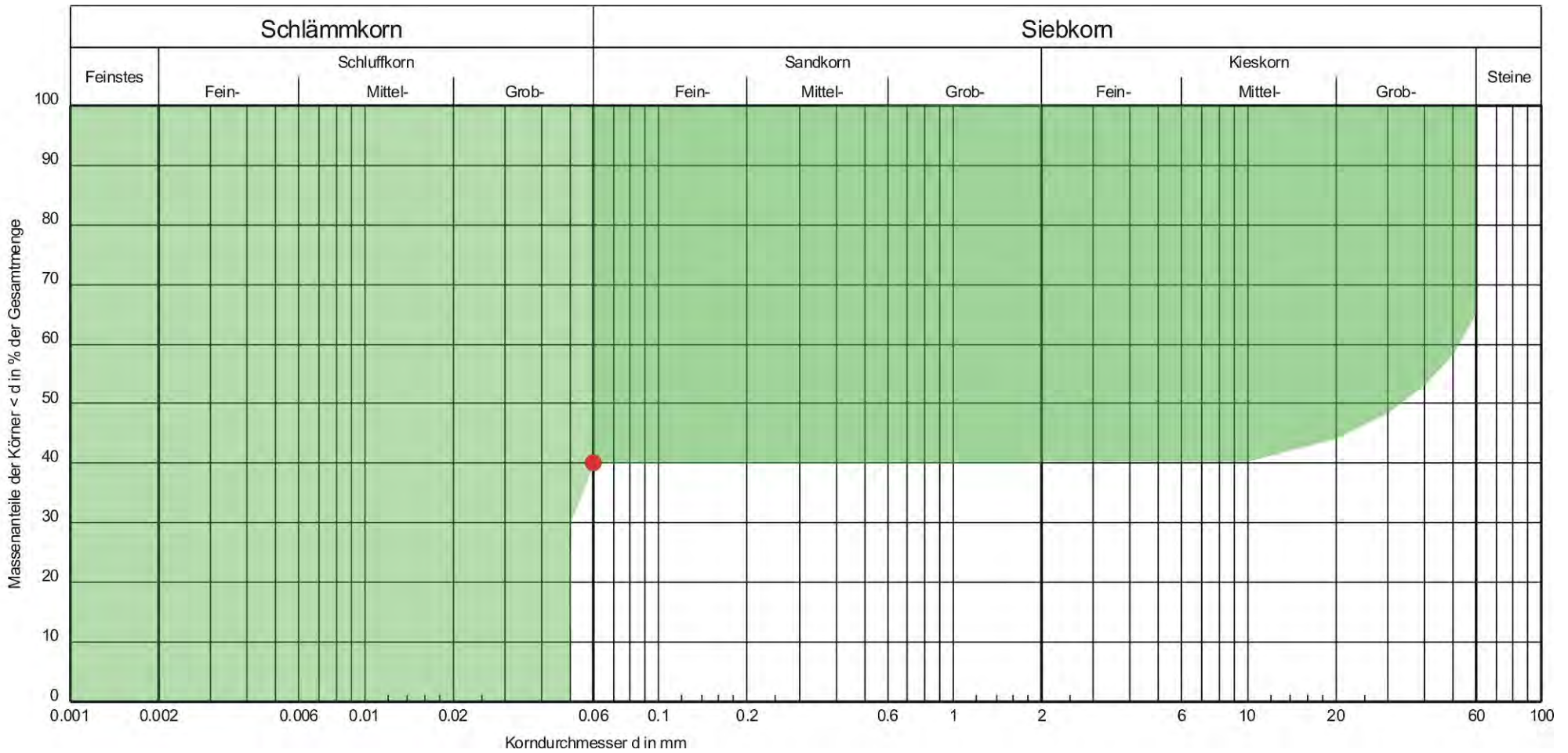
**Kornsummenband 6: SU**





**Kornsummenband 8: SU\***





**Kornsummenband 9: TL**

