



Geotechnisches Gutachten zum HRB Prevorster Tal

Titel: Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Prevorster Tal des Zweckverband Hochwasserschutz Bottwartal

Auftraggeber: Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH
Schloßstraße 59 A
70176 Stuttgart

Datum: 25.02.2016

Az.: 12 208 be01 hö/bi/lo

Verteiler: Ingenieurbüro Winkler und Partner
(koch@iwp-online.de)

3 fach+ pdf

INHALT	Seite
1. VORBEMERKUNGEN	4
2. LAGE UND GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	5
3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	6
4. SCHICHTENAUFBAU DES UNTERGRUNDES	6
4.1 Generelle Untergrundverhältnisse	6
4.2 Bodenmechanische Laborergebnisse	12
4.3 Bodenmechanische Kennwerte für geotechnische Berechnungen	14
4.4 Durchlässigkeit und Suffosion	16
4.5 Homogenbereiche nach DIN 18 300	17
4.5 Erdbebenzone nach DIN 4149 – Nachweis Lastfall Erdbeben DIN 19700	17
4.6 Kampfmittelfreiheit	19
5. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	20
6. BAUWERKE – BAUGRUBENSICHERUNG – WASSERHALTUNG	21
6.1 Durchlassbauwerk	21
6.1.1 Allgemein	21
6.1.2 Schichtenaufbau im Bereich Durchlassbauwerk	21
6.1.3 Lage der Bauwerkssohle im Baugrund – Unterströmungssicherung	21
6.1.4 Bauwerksgründung	22
6.2 Herstellung Durchlassbauwerk	23
6.3 Damm- und Erdbauarbeiten	24
6.3.1 Allgemein	24
6.3.2 Mögliche Dammtypen - Homogener Damm – Zonendamm	24
6.3.3 Aufbau / Anforderungen als homogener Damm	25
6.3.4 Aufbau / Anforderungen als Zonendamm	27
6.3.5 Dammaufstandsfläche	27
6.3.7 Umweltverträglichkeit des Dammschüttmaterials	28
7. STANDSICHERHEITS- UND SETZUNGSABSCHÄTZUNG DES DAMMES	28
7.1 Allgemein	28
7.2 Standsicherheitsabschätzung	28
7.3 Setzungsabschätzung	29
8. SCHLUSSBEMERKUNG	30

ANLAGEN

Anlage 1

Pläne

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan, M. 1 : 25 000
Anlage 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:1000

Anlage 2

Ergebnisse der örtlichen Erkundungen

- Anlage 2.1 – 2.6 Schichtenprofile BK 2.1 bis BK 2.6
Anlage 2.7 – 2.9 Schichtenprofile BS 2.7 bis BS 2.9
Anlage 2.10 – 2.11 Sondierdiagramme DPH 2.2 und DPH 2.3
Anlage 2.12 – 2.14 Schichtenprofile SCH 1 bis SCH 3

Anlage 3

bodenmechanische Laborergebnisse

- Anlage 3.1.1 – 3.1.7 Natürliche Wassergehalte
Anlage 3.2.1 – 3.2.9 Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze)
Anlage 3.3.1 – 3.3.7 Kornverteilung (Sieb- und Schlämmanalyse)
Anlage 3.4.1 Druck- Setzungs- Versuch

Anlage 4

Schnittdarstellungen

- Anlage 4.1 Prinzipschnitt A
Anlage 4.2 – 4.3 Prinzipschnitt 1 und 2

Anlage 5

Erdstatische Berechnungen

- Anlage 5.1.1 – 5.1.6 Suffosionssicherheit
Anlage 5.2.1 – 5.2.2 Abschätzung der Standsicherheit Damm
Anlage 5.3.1 – 5.3.2 Abschätzung der Setzung Damm

VERWENDETE NORMEN UND VORSCHRIFTEN

- DIN 19700-10 –2004 Stauanlagen gemeinsame Festlegungen
- DIN 19700-11-2004 Talsperren
- DIN 19700-12-2004 Hochwasserrückhaltebecken
- Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken hrsg. LUBW, 2007
- weitere Normen und Vorschriften siehe Fußnoten

1. VORBEMERKUNGEN

Für den Zweckverband Hochwasserschutz Bottwartal plant das Ingenieurbüro Winkler und Partner aus Stuttgart den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens (Trockenbecken) nordöstlich von Oberstenfeld im Prevorster Tal (HRB Prevorster Tal). Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die zur Verfügung gestellten Planunterlagen. Auf Grundlage unseres Honorarangebots vom 22.05.2012 erhielten wir am 24.09.2015 per E-Mail das Auftragsschreiben durch das Ingenieurbüro Winkler und Partner für die Erstellung eines geotechnischen Gutachtens.

Das geplante Hochwasserrückhaltebecken (im Weiteren als HRB bezeichnet) mit einer Dammlänge von rd. 150 lfm und einem Stauvolumen von rd. 109.000 m³ (gemäß Angabe Ingenieurbüro Winkler und Partner) ist nach DIN 19700 – 12 als Becken mittlerer Größe einzustufen. Die planmäßige Einstauhöhe beträgt 263,2 müNN (Variante 3). Die Bemessungssituationen und Tragsicherheitsbedingungen sind darauf abzustimmen.

Zur Bearbeitung des Auftrags standen uns folgende Unterlagen des Ing.-Büro Winkler und Partner zur Verfügung:

- Lageplan (Katasterplan) mit geplantem Dammbauwerk und Luftbild, Zweckverband Hochwasserrückhaltebecken Prevorster Tal, Alternativenuntersuchung Lageplan Hochwasserrückhaltebecken, Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH, Stuttgart den 03.09.2015
- Lageplan (Katasterplan) mit geplantem Dammbauwerk und Luftbild M 1:20.000, Zweckverband Hochwasserrückhaltebecken Prevorster Tal, Lageplan Hochwasserrückhaltebecken, Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH, Stuttgart den 13.01.2016
- Dammlängsschnitt, Maßstab 1:500/100 Zweckverband Hochwasserrückhaltebecken Prevorster Tal, Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH, Arbeitsstand: Stuttgart den 13.01.2016

- Dammregelquerschnitt B-B, Maßstab 1:250 Zweckverband Hochwasserrückhaltebecken Prevorster Tal, Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH, Arbeitsstand: Stuttgart den 13.01.2016

2. LAGE UND GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Hochwasserrückhaltebecken im Prevorster Tal soll an der Bottwar ca. 150 m nordöstlich der Kreuzung L1117 und K1613 in Richtung Prevorst entstehen (s. Anlage 1.1). Zum jetzigen Planungszeitpunkt weist der Damm eine Länge von ca. 150 m in nordwestlicher – südöstlicher Richtung auf. Im Hochwasserfall soll dieser die Bottwar stromaufwärts stauen.

Laut geologischer Karte von Baden-Württemberg Blatt Wüstenrot¹ besteht der geologische feste Untergrund aus den Schichten des mittleren Keupers, hier des Gipskeupers (km1). An unterster Stelle liegen im Gipskeuper die Grundgipsschichten vor. Diese werden von Wechselfolgen aus roten, grünen und grauen Tonmergelsteinen und Dolomitsteinbänken, die teilweise Fossilien enthalten, überlagert. Stellenweise können auch Bleiglanz und Kupfererze in den Tonmergelsteinen vorgefunden werden, diese charakteristische Schicht (sog. Bleiglanzbank) dient als stratigraphischer Leithorizont. Im oberflächennahen Bereich sind die Gipslagen ausgelaugt, d.h. sie erfahren in Verbindung mit Wasser keine Volumenänderung mehr. Darunter können unausgelaugte Anhydritlagen angetroffen werden, bei denen Wasserzutritt eine Volumenzunahme hervorruft. Diese Volumenzunahme kann zu Rissbildung in darüber liegenden Schichten bzw. an der Oberfläche führen.

Der Gipskeuper wird von quartären Fluss-, und Hochwassersedimenten überlagert, welche sich nach geologischer Karte von Baden-Württemberg Blatt Wüstenrot¹ als Wechselfolge von schluffigen Kiesen und Sanden sowie Auelehmen darstellen.

Aus hydrogeologischer Sicht ist der Gipskeuper als Kluftgrundwasserleiter und Grundwassergeringleiter einzustufen. Im oberflächennahen Bereich sind die Tonmergelsteine zu Tonen verwittert und haben deshalb eine geringe Wasserdurchlässigkeit. Im unverwitterten Zustand haben die Tonsteine ebenfalls eine geringe Wasserleitfähigkeit, lediglich entlang von Klüften kann Wasser zirkulieren. Die Karbonat- und Sulfatgesteine können entlang von Klüften Grundwasser leitend sein, wobei dadurch auch Verkarstungserscheinungen auftreten können.

¹ Geologische Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25.000, Blatt 6922 Wüstenrot, geologisches Landesamt Baden-Württemberg Auflagejahr 2001

3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Die Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten HRB an der Bottwar wurden mit Hilfe von drei Bohrsondierungen \varnothing 130-80 (BS 2.7 – 2.9) und drei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH 2.1 – 2.3) durch die Geotechnik Aalen, insgesamt sechs Kernbohrungen (BK 2.1 – 2-6) durch die Firma Terrasond GmbH sowie drei Baggerschurfen (SCH 1 – 3) durch die Firma Betz Erdbau GmbH (i.A. Fa. Terrasond) untersucht. Die Überwachung und geologische Aufnahme der Bohr- und Sondierarbeiten erfolgte durch die Geotechnik Aalen. Die Bohrkern- und Schurfe wurden ingenieurgeologisch beschrieben und beprobt. Die Lage der Ansatzpunkte kann Anlage 1.2 entnommen werden.

Die Bohrlöcher wurden nach Abschluss der Bohrarbeiten fachgerecht mit Dämmen verfüllt.

4. SCHICHTENAUFBAU DES UNTERGRUNDES

4.1 Generelle Untergrundverhältnisse

Die in den Bohrsondierungen angetroffenen Schichtglieder sind weitestgehend untereinander vergleichbar, jedoch können die Schichtmächtigkeiten sowie die Schichtglieder in den quartären Deckschichten unterschiedlich sein. Dies ist unter anderem auf das Ablagerungsmilieu (Flusssystem) zurückzuführen. Die Schichtglieder, lassen sich wie folgt beschreiben:

Oberboden

In allen Bohrsondierungen, mit Ausnahme BK 2.6, wurde eine mehrere dm-mächtige Oberbodenschicht angetroffen. Diese besteht im Wesentlichen aus Schluff mit Anteilen von Ton, Sand und Kies. An oberster Stelle ist meistens eine Grasnarbe ausgebildet, weshalb der Bereich auch verwurzelt ist. Die Färbung ist zumeist hellbraun – braun. Die im Feld bestimmte Konsistenz variiert stark von weich – fest, was oberflächennah witterungsabhängig ist. Vereinzelt sind Eisen- und Ziegelreste gefunden worden.

Auffüllung

In BS 2.6 liegt der Bohransatzpunkt auf einem befestigten Feldweg. Es wurde hier eine ca. 20 cm dicke, braungraue Auffüllung angebohrt, die aus kiesigem, sandigen Schluff besteht. Die Kieskomponenten sind kantige Kalksteinstücke. Die angetroffene Konsistenz ist weich – steif.

Quartäre Deckschichten

Die quartären Deckschichten haben in den Bohrungen sehr unterschiedliche Schichtdicken sowie unterschiedliche Zusammensetzung, was auf das Ablagerungsmilieu zurückzuführen ist. Im Allge-

meinen handelt es sich dabei um Auelehm- und Auekiesschichten, die aus unterschiedlichen Anteilen (Ton, Schluff, Sand und Kies) bestehen. Nachfolgend sind diese im Detail beschrieben.

BK 2.1, BK 2.2, BK 2.3

Unterhalb des Oberbodens setzt sich eine bis 2,1 m dicke Schluff – Tonschicht fort, in der Feinsandlagen enthalten sein können. Die Färbung ist braun, wobei auch untergeordnet rostbraune und graue Bodenverfärbungen zu beobachten sind (BK 2.1). Stellenweise wurden Wurzelreste und verkohlte Organik vorgefunden. Die im Feld bestimmte Konsistenz ist steif – halbfest.

Darunter und bis zu den verwitterten Tonsteinen, wurde eine mehrere Meter dicke Sand – Kieschicht angetroffen, die untergeordnet stark schluffig und tonig ist. Die Kieskomponenten sind überwiegend kantige – gerundete, gelbe und weiße Sandsteinstücke mit bis 10 cm Durchmesser. Die im Feld bestimmte Konsistenz der bindigen Anteile ist weich – steif. Die Färbung ist rötlichbraun. In BK 2.2 wird die Auekiesschicht zusätzlich von einer Schluff – Sand dominierten Ablagerung geprägt, die sich im Wesentlichen in der Korngröße der Kiese (<5 cm) und vereinzelt auftretenden Gipskonkretionen unterscheidet.

BK 2.4, BK 2.5

Die Auelehmschicht besteht aus braunem – rötlich braunem Schluff – Ton mit Wurzelresten, der basal sandige und kiesige Anteile aufweist. Die im Feld bestimmte Konsistenz ist weich – steif. Es sind außerdem vereinzelt verkohlte organische Reste eingelagert. Die in BK 2.5 aufgeschlossenen Kiese sind kantige - gerundete Sandsteinstücke. Außerdem wurde aufgrund von grauen und rostbraunen Verfärbungen diese Auelehmschicht im Profil nochmals unterteilt.

In BK 2.4 ist darunter eine schluffige Kies – Sandlage erbohrt worden, deren Kieskomponenten gerundete – kantige Sandsteinstücke bis 10 cm Durchmesser aufweisen. Die Farbe ist rötlich braun.

BK 2.6

Unterhalb der Wegbefestigung (Auffüllung) sind ca. 12,0 m Hangschutt angetroffen worden, der sich wie folgt zusammensetzt. Bis ca. 6,0 m u. Gel. besteht dieser aus Schluff – Ton mit kiesigen und sandigen Anteilen. Die Kiese sind kantige – gerundete Sandsteinstücke, die teilweise verwittert sind und daher schiefrig und brüchig vorliegen. Die im Feld bestimmte Konsistenz ist im oberen Bereich weich – steif, nach unten aber fest. Die Färbung ist grünlich grau.

Darunter ändert sich die Zusammensetzung nach der Feldansprache nur gering, aber die Konsistenz ist hier durchgehend fest, da die bindigen Anteile nicht formbar sind. Außerdem ändert sich die Farbe in grau-braun.

An der Unterkante der Sand– Kieslage ist ein gelber – gelbbrauner, zerbohrter und verwitterter Sandstein angebohrt worden, der als Sand – Kies vorliegt.

BS 2.7

Die in den Bohrsondierungen vorgefundenen Schichten unterhalb des Oberbodens können überwiegend als Auelehm angesprochen werden. Dabei ist dieser im oberen Bereich als Schluff mit feinsandigen und kiesigen Anteilen gekennzeichnet. Die kieseigen Anteile sind rötliche und gelbe Sandsteinstücke. Die im Feld bestimmte Konsistenz ist halbfest – fest. Der Boden ist hellbraun gefärbt und durch die Witterung ausgetrocknet und hart. Ab ca. 1,3 m ändert sich die Zusammensetzung in ein Schluff – Ton-Gemisch mit feinsandigen und kiesigen Lagen. Dazu kommen organische Reste und rostbraune Bodenverfärbungen. Die Kiese bestehen aus rötlichen und gelben Sandsteinstücken bis ca. 5 cm Größe. Generell ist die Färbung rötlich braun. Die in situ bestimmte Konsistenz ist weich – steif. Ab ca. 4,8 m ändert sich die Zusammensetzung erneut, das heißt der Auelehm ist im Feld als stark kiesiger, sandiger, toniger Schluff bestimmt worden. Bei den Kiesen handelt es sich wieder um rötliche und gelbe Sandsteinstücke. Stellenweise sind stark sandige Bereiche vorgefunden worden. Die Konsistenz im Feld ist breiig – weich, die Färbung rötlich braun.

BS 2.8, BS 2.9

Die Bohrungen BS 2.8 und BS 2.9 sind im Staubereich des geplanten Trockenbeckens durchgeführt worden. Unterhalb des Oberbodens wurden Auelehmlagen angetroffen. Diese bestehen in BS 2.8 überwiegend aus Schluff – Ton, mit sandigen und kiesigen Anteilen. Die oberen Bereiche sind stellenweise ausgetrocknet und weisen in situ eine steife Konsistenz auf. Die Färbung ist hellbraun – grau, wobei rostbraune und braune Verfärbungen festgestellt wurden. Nach unten ändern sich die Konsistenz nach weich sowie die Färbung nach grau – rötlichbraun.

In BS 2.9 besteht der obere Bereich hauptsächlich aus steifem Schluff und untergeordnet Ton und Sand. Darunter liegt ein Schluff – Ton dominierter Bereich vor. Es wurden außerdem rötliche und gelbe Sandsteinstücke bis 5 cm Durchmesser angetroffen. Die Konsistenz ändert sich mit der Tiefe nach weich – steif.

Verwitterter Tonstein (Gipskeuper, km1)

In allen Bohrungen wurde unterhalb der quartären Deckschichten ein verwitterter Keuper-Tonstein angetroffen. Dieser ist durch die Wechsellagerung von verwitterten Tonsteinlagen und Verwitterungston gekennzeichnet. Die Zusammensetzung ist daher überwiegend Ton dominiert mit Schluff- und Kiesanteilen. Die Kiesfraktion entspricht dabei brüchigen, schiefrigen grauen Tonsteinstücken, die aber stellenweise in überwiegend cm-dicken Lagen auftreten. An den Tonsteinflächen sind außerdem rostbraune Oxidationsflächen ausgebildet. Die Färbung ist meist grau oder grünlich grau (BK 2.4), es treten aber durchgehend dunkelrote Ton- und Tonmergellagen auf. Die Konsistenz des verwitterten Tonsteins ist überwiegend halbfest – fest, wobei auch steife oder weiche Lagen auftre-



ten können (z.B. BK 2.4). Durch den Einfluss von Grundwasser und das Bohren mit Wasserspülung wurden manche Bereiche zudem aufgeweicht bzw. wurde der Feinanteil ausgespült.

In BK 2.3 wurden ab ca. 15,0 m Gipslagen (bis 10 cm dick) sowie Gipskonkretionen angetroffen. Die in diesem Bereich vorliegenden Tonsteinlagen wurden durch mm-dicke Gipsglaslagen getrennt. Aufgrund dessen die Bohrung in 16,20 m u. Gel. eingestellt und fachgerecht verfüllt wurde.

Tabelle 1: Schichtverzeichnis mit Angaben der Untergrenzen der einzelnen Schichten. Die Werte beziehen sich auf m unter Geländeoberkante (GOK). In Klammer ist die angetroffene Schichtmächtigkeit (___) in m angegeben bzw. die Höhe in müNN [___].

Schichtglied	Aufschluss [Höhe müNN]								
	BK 2.1 [257,60]	BK 2.2 [256,10]	BK 2.3 [257,20]	BK 2.4 [256,10]	BK 2.5 [257,50]	BK 2.6 [264,80]	BS 2.7 [259,80]	BS 2.8 [259,80]	BS 2.9 [262,70]
Oberboden*	0,4 (0,4)	0,3 (0,3)	0,4 (0,4)	0,4 (0,4)	0,4 (0,4)	0,2 (0,2)*	0,4 (0,4)	0,4 (0,4)	0,3 (0,3)
Quart. Deckschichten	5,3 (4,9)	5,3 (5,0)	5,2 (4,8)	2,3 (1,9)	3,5 (3,1)	14,5 (14,3)	6,4 (6,0)	3,0 (2,6)	3,0 (2,7)
Verw. Tonstein	15,0 (9,7)	10,0 (4,7)	16,2 (11,0)	10,0 (7,3)	10,0 (6,5)	15,0 (0,5)	8,8 (2,4)	-	-
	E.T. [242,60]	E.T. [246,10]	E.T. [241,00]	E.T. [246,10]	E.T. [247,50]	E.T. [249,80]	E.T. [251,00]	E.T. [256,80]	E.T. [259,70]
Grundwasser m u. GOK	-	7,05 [249,05]	-	1,30 [254,80]	2,60 [254,90]	11,5 [253,30]	5,0 [254,80]	-	-

* In BK 2.6 wurde anstatt Oberboden eine Auffüllung angetroffen

Rammsondierungen (DPH)

Die Rammsondierungen nach **DIN EN ISO 22476-2²** mit der schweren Rammsonde (DPH) geben Aufschluss auf die Lagerung bzw. die Konsistenz des Untergrundes, indem die Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe (N₁₀) aufgezeichnet werden. Die Erläuterungen zu den Sondierungsergebnissen werden nachfolgend beschrieben. Die Lage der Ansatzpunkte der DPHs können der Anlage 1.2 entnommen werden.

- **DPH 2.1:** Der Ansatzpunkt befindet sich neben BK 2.1. Die Schlagzahlen können also mit dem angetroffenen Schichtaufbau in BK 2.1 korreliert werden. Die Schlagzahlen bis ca. 2,0 m u. Gel. steigen im obersten Bereich auf ca. N₁₀ ~ 7 an, und fallen bis zur Schichtgren-

² DIN EN ISO 22476-2 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen Teil 2: Rammsondierungen, Fassung 2005.

ze auf $N_{10} \sim 1$ ab. Im nachfolgenden Schichtglied bis ca. 5,3 m steigen die Schlagzahlen wieder an und bewegen sich zwischen $N_{10} \sim 6 - 10$. Die Lagerungsdichte der Schluff-Kies-Lage ist als mitteldicht einzuordnen. In den verwitterten Tonsteinschichten nehmen die Schlagzahlen mit der Tiefe kontinuierlich zu ($N_{10} \sim 15 - 55$).

- **DPH 2.2:** Die Rammsondierung wurden im Bereich der geplanten Dammachse zwischen den Bohrungen BK 2.2 und BK 2.3 niedergebracht. Bis ca. 2,0 m u. Gel. ist eine oberflächennahe Zunahme $N_{10} \sim 1 - 5$, dann eine Abnahme der Schlagzahlen $N_{10} \sim 3$ zu verzeichnen. Der Abschnitt von ca. 2,0 – 5,4 m ist durch Schlagzahlen zwischen $N_{10} \sim 3 - 9$ gekennzeichnet. Ab 5,5 m ist ein kontinuierlicher Anstieg der Schlagzahlen $N_{10} \sim 10 - 50$ mit der Tiefe zu beobachten.
- **DPH 2.3:** Die Rammsondierung ist im Bereich der Dammachse zwischen den Bohrungen BK 2.4 und BK 2.5 durchgeführt worden. Die Schlagzahlen nehmen bis ca. 3,0 m u. Gel. zu ($N_{10} \sim 1 - 10$). Nachfolgend zeigen die Schlagzahlen Zu- und Abnahmen an, die sich im Bereich zwischen $N_{10} \sim 5 - 17$ bewegen. Ab ca. 8,8 m steigen die Schlagzahlen deutlicher an, d.h. $N_{10} \sim 10 - 55$, wobei auch hier Bereiche mit sehr hohen und niedrigeren Schlagzahlen vorliegen.

Baggerschurfe

Als ergänzende Bodenuntersuchungen wurden insgesamt drei Baggerschurfe im Bereich der Talflanken, wo der geplante Damm in das Gelände einschneiden soll, hergestellt (Anlage 1.2). Die Schurfe wurden zur Beurteilung des Aufbaus der Talflanken sowie für bodenkundliche Beschreibungen durchgeführt. Die Lage und Tiefe wurden vor Ort nach Nutzen und Zugänglichkeit abgestimmt.

Schurf 1 wurde entlang des Hangprofils neben BK 2.6 durchgeführt, es konnten folgende Beobachtungen gemacht werden.

Der Baggerschurf wurde am Hangprofil vom darüber verlaufenden Feldweg ausgeführt. Tiefe und Höhe mussten dementsprechend angepasst werden, so dass die Standsicherheit der Böschung sowie des Feldwegs nicht beeinträchtigt wurden. Das aufgeschlossene Profil zeigt, dass an oberster Stelle die Auffüllung der Wegbefestigung ansteht, die von einer Hanglehmschicht unterlagert wird. Ab ca. 1,5 m u. Gel. treten zunehmend kiesige und steinige Anteile (Sandsteinstücke) auf.

Schurf 2 wurde im Hangbereich im Staubereich des geplanten Trockenbeckens durchgeführt.

Der Baggerschurf wurde am Hangprofil vom darüber verlaufenden Feldweg ausgeführt. Tiefe und Höhe mussten dementsprechend angepasst werden, so dass die Standsicherheit der Böschung sowie des Feldwegs nicht beeinträchtigt wurden, außerdem sind im Bereich des Feldwegs Versor-

gungsleitungen vorhanden. Das aufgeschlossene Profil zeigt, dass an oberster Stelle die Grasnarbe mit Oberboden ansteht, die von einer Hanglehmschicht unterlagert wird. Bei ca. 0,6 m tritt eine Lage mit Holzresten hervor. Darunter und bis zur Endaushubebene steht ein überwiegend bindiger Hanglehm an, der mit zunehmender Tiefe kiesiger wird und Sandsteinstücke entfällt.

Schurf 3 ist auf Höhe der geplanten Dammachse hangaufwärts von BK 2.1 erstellt worden und kann wie folgt beschrieben werden.

Der Baggerschurf wurde von der Straße aus durchgeführt. An oberster Stelle wurden Grasnarbe und Oberboden aufgeschlossen. Darunter und bis zur Endaushubebene setzt sich eine braune Auelehmschicht mit grauen Horizonten fort, die von ca. 1,1 m – 1,4 m von einem stark kiesigen Abschnitt unterbrochen wird. Der Schurf wurde bei ca. 2,5 m beendet, da eine Änderung der ange-troffenen Verhältnisse in näheren Tiefen (Arbeitstiefe des Baggers) nicht erwartet wurde.

Bodenkundliche Beschreibung Oberboden

Die Bohrsondierungen, Kernbohrungen und Schürfgaben sind zusätzlich in Anlehnung an die bodenkundliche Kartieranleitung³ beschrieben worden. Aus morphologischer Sicht wurden die Bohrungen und Schurfe in einer Talau sowie im Hangbereich der Keuperschichtstufe durchgeführt. Der geologische Untergrund wird aus den Schichten des Gipskeupers aufgebaut, also Ton- und Tonmergelsteinen, die an der Oberkante als verwitterte Tone ausgebildet sind. Es konnte zwischen zwei Bodentypen unterschieden werden.

Auengley – Vega (BK 2.1 – 2.5, BS 2.7 – 2.9, SCH 3)

Der oberste Bereich wird durch einen humosen, grasbewachsenen, braunen Bodenhorizont aufgebaut (Ah). Darunter ändert sich die Farbe in Richtung rötlich braun, was ein Zeichen für oxidiertes Milieu ist (Go). Anschließend kann mit der Farbänderung zu grau braun der Übergang in das reduzierte Milieu festgestellt werden (Gr). In Richtung der Talflanken können auch reliktsche Gr-Horizonte angetroffen werden (vgl. SCH 3). In der Talau (vgl. BK 2.2-2.4) wurden durch Hochwasser und Flussablagerungen gemischtkörnige Kies-, Sand- und Schlufflagen abgelagert, nach der bodenkundlichen Kartieranleitung sog. Fluvischluffe und Fluvikiese (fo-u, fo-k). Diese Ablagerungen sind abschnittsweise unterhalb des Ah-Horizonts eingeschaltet und können als aM-Horizont angesprochen werden, die Böden können daher also auch als braune Auenlehmböden (Vega) bezeichnet werden.

³ Bodenkundliche Kartieranleitung, AG Boden, 5. Auflage, 2005.



Pelosol aus Fließerden (BK 2.6, SCH 1, SCH 2)

Die Böden, die im Bereich des Geländeanstiegs vorliegen und nicht von einer Auedynamik beeinflusst worden sind, können als Pelosole angesprochen werden. Während die obersten Horizonte aus braunem, humosen Oberboden bestehen (Ah), wird der darunterliegende Horizont überwiegend aus braunem Ton aufgebaut (P). Darunter sind entlang der Hangbereiche Hangschutt bzw. Fließerden abgelagert worden. Als unterster Bodenhorizont stehen die Verwitterungsprodukte der Ton-Tonmergelsteine an (eC).

4.2. Bodenmechanische Laborergebnisse

Ausgewählte Proben wurden auf ihre bodenmechanischen Eigenschaften im Labor der Geotechnik Aalen untersucht.

Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1⁴:

Die natürlichen Wassergehalte sind in Anlage 3.1.1 – 3.1.7 sowie in Tabelle 2 aufgelistet. Es ist ersichtlich, dass die Wassergehalte sehr variabel sind. In den quartären Deckschichten wurden natürliche Wassergehalte zwischen $w_n \sim 9-27\%$ gemessen, wobei der Großteil zwischen $w_n \sim 13-18\%$ liegt. Die natürlichen Wassergehalte in den verwitterten Tonsteinen zeigen ebenfalls Unterschiede $w_n \sim 9-28\%$. So sind Bereiche mit unterschiedlichem Wasseranteil und ohne erkennbare Systematik vorhanden. Dies kann mit den Beobachtungen der Bohrkernaufnahme abgestimmt werden und z.B. auf das Vorhandensein von Grund- und Schichtwasser (vgl. BK 2.2) zurückzuführen sein.

Tabelle 2: Liste der natürlichen Wassergehalte w_n [%] (gerundet). Graue Bereiche stehen für die Wassergehalte aus den verwitterten Tonsteinen. Reihenfolge = rel. Tiefe unter Gelände.

BK 2.1	BK 2.2	BK 2.3	BK 2.4	BK 2.5	BK 2.6	BS 2.7	BS 2.8	BS 2.9
22	18	18	24	21	16	9	24	15
13	21	15	17	17	13	25	21	27
14	15	11	14	17	13	23	24	21
21	11	22	12	12	13	13		
26	21	28	17	27	16	21		
23	26	21	20		14	18		
25	26	9	24		15	20		
	18	18						
	17							

⁴ DIN EN ISO 17892-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehaltes, Fassung 03/2015.

Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12⁵

Anlage 3.2.1 – 3.2.9

Nach **DIN 18196⁶**

Tabelle 3: Zustandsformen bindiger Schichtglieder.

Probe	Konsistenzzahl I_c	Zustandsform	Wassergehalt	Bodengruppe [DIN 18 196]
BK 2.1/3 Auelehm/Auekies	0,99	steif	14,1%	TL / ST
BK 2.2/1 Auelehm	0,88	steif	18,3%	TL
BK 2.2/2 Auekies	0,85	steif	21,0%	TM
BK 2.2/9 verw. Km1	0,64	weich	25,7%	TL / TM
BK 2.3/5 verw. Km1	0,78	steif	28,3	TM
BK 2.4/1 Auelehm	0,74	weich	23,9	TM
BK 2.4/6 verw. Km1	0,85	steif	20,4	TL
BK 2.5/2 Auelehm	0,89	steif	17,3	TL
BS 2.7/4 Auelehm	1,71	halbfest	12,7	ST

Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4⁷

Die Korngrößenverteilungen wurden an gemischtkörnigen Proben ermittelt. Die Ergebnisse sind in Anlage 3.3.1 – 3.3.6 abgebildet und in Tabelle 4 zusammengefasst. Nach **DIN 18 196** können den untersuchten Proben die Bodengruppen SU* und GU*, also stark schluffige Sanden und Kiesen zugewiesen werden.

Insbesondere bei Kies- und Sandkornanteil kann es zu Abweichungen der im Labor bestimmten Bodengruppen und den Beobachtungen im Feld kommen (SU* ↔ GU*), was auf die Probenmenge zurückzuführen ist. Dies sollte berücksichtigt werden, beeinträchtigt die im Gutachten gezogenen Schlüsse aber nicht nachteilig.

⁵ DIN EN ISO 17892-12: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Zustandsgrenzen, Ausgabe 01/2005.

⁶ DIN 18196 – Erd- und Grundbau: Bodenklassifikationen für bautechnische Zwecke, Ausgabe 1988/2005.

⁷ DIN EN ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung, Ausgabe 08/2014.



Tabelle 4: Ergebnisse der Korngrößenverteilungen den Bodengruppen nach DIN 18196 zugewiesen.

Probe	Bodengruppe [DIN 18 196]
BK 2.2/3 Auekies	SU*
BK 2.2/4+5+6 Auekies	SU*
BK 2.3/3 Auekies	SU*
BK 2.4/2 Auekies	GU*
BK 2.6/5 Hangschutt	SU*
BS 2.6/8 Hangschutt	GU*

Druck-Setzungs-Versuch nach DIN EN ISO 17892-5⁸

Das Setzungsverhalten der Auelehme (Steifemodul E_s) wurde anhand von der Probe BK 2.1/1 (0,40 m bis 2,10 m) untersucht. Das Druck-Setzungsverhalten wurde im Ödometergerät mit Laststufen zwischen 40 kN/m² bis 240 kN/m² unter Wassereinfluss untersucht.

Für die untersuchte bindige Probe mit steifer Zustandsform ergab sich ein Steifemodul $E_s = 7,5 \text{ MN/m}^2$ (Belastungsbereich 100 kN/m²).

4.3 Bodenmechanische Kennwerte für geotechnische Berechnungen

Basierend auf den bodenmechanischen Laborergebnissen und den geologischen Felduntersuchungen, können die baurelevanten angetroffenen Böden nach **DIN 18196**, **DIN 18300⁹**, **ZTV E-StB 09¹⁰** und **ZTV A-StB 97¹¹** wie folgt eingeteilt werden.

Tabelle 5: Boden- und Felsklassen, Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklasse sowie Verdichtbarkeitsklasse.

Schichtbereich	Boden-/ Fels- klasse [DIN 18 300]	Bodengruppe [DIN 18 196]	Frostempfind- lichkeitsklasse* [ZTV E-StB]	Verdichtbar- keitsklasse** [ZTV A-StB]
Auelehm verw. km1	4	TL	F 3	V 3

⁸ DIN EN ISO 17892-5: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 5: Oedometerversuch mit stufenweiser Belastung, Ausgabe 02/2015

⁹ DIN 18300 – Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen – Erdarbeiten, Ausgabe 08/2015.

¹⁰ ZTV E-StB 09 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009.

¹¹ ZTV A-StB 97 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen an Verkehrsflächen, Ausgabe 1997.



Schichtbereich	Boden-/ Fels- klasse [DIN 18 300]	Bodengruppe [DIN 18 196]	Frostempfind- lichkeitsklasse* [ZTV E-StB]	Verdichtbar- keitsklasse** [ZTV A-StB]
Auelehm verw. km1	4	TM	F 3	V 3
Auelehm	4	ST	F 2	V 2
Auekies/ Hangschutt	4	SU*	F 3	V 2
Auekies/ Hangschutt	4	GU*	F 3	V 2
Fels	6	-	-	-

* Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB:

F1 = nicht frostempfindlich / F2 =gering bis mittel frostempfindlich / F3 = sehr frostempfindlich

** Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB, Tab. 2:

V1 = Nicht bindige – schwach bindige, grob- und gemischtkörnige Böden

V2 = Bindige, gemischtkörnige Böden

V3 = Bindige, feinkörnige Böden

Den bautechnisch relevanten Schichten können unter Berücksichtigung der **DIN 1055¹²** sowie nach Erfahrung die folgenden, charakteristischen erdstatischen Kennwerte zugeteilt werden (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Charakteristische erdstatische Kennwerte.

Nr.	Schichtbe- reich	Wichte [kN/m ³]		Rei- bungs- winkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]		Steifemo- dul [MN/m ²]	Durchläs- sigkeit [m/s]
		γ	γ'	φ'_k	c'_k	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k_f
1	Auelehm TL/TM, weich – steif / steif	19	9	22,5 - 25	5 - 15	≥ 30	5 – 10	$10^{-6} - 10^{-7}$
2	Auekies SU*/GU*	20	10	27,5	5	≥ 15	10 – 15	$10^{-5} - 10^{-7}$
3	Hangschutt / (Hanglehm)	19	9	22,5 - 25	7 - 10	≥ 30	5 - 10	10^{-8}
4	Gipskeuper (verwittert km1, TM) halbfest - fest	21	11	25	15 - 25	≥ 50	15 - 30	$10^{-7} - 10^{-8}$

¹² DIN 1055-2 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen, Ausgabe 11/2010.

4.4 Durchlässigkeit und Suffosion

Im Zuge der Baugrunduntersuchungen wurden keine ungestörten Proben entnommen, eine Abschätzung der Durchlässigkeit der Böden erfolgt mit Hilfe der durchgeführten Laboruntersuchen, insbesondere der Korngrößenverteilung, und entsprechenden Diagrammen aus der Literatur. Für die Auswertung der Korngrößenverteilung wird das Programm SIEVE von GGU, Version 15.04 24.02.2015 verwendet. Die Abschätzung der Durchlässigkeit k_f erfolgt mit demselben Programm, sofern die Körnungslinie die Kriterien für ein entsprechendes Verfahren zulässt. Liegt die Körnungslinie außerhalb der Anwendungsgrenzen eines der im Programm erfassten Verfahren sowie zur Referenzierung der Ergebnisse werden die Durchlässigkeiten nach Leusink¹³ abgeschätzt *Abb. 50: Abgrenzung der rolligen und bindigen Bereiche (a bis d) für das bodenphysikalische Verhalten von Mischböden.*

Für die untersuchten Böden lassen sich folgende Durchlässigkeiten abschätzen

Probe 2.2/3	$k_f = 10^{-7}$	[m/s]	(Auekies)
Probe MP 2.2/4 + 2.2/5 +2.2/6	$k_f = 10^{-6} / 10^{-7}$	[m/s]	(Auekies)
Probe 2.3/3	$k_f = 10^{-6} / 10^{-7}$	[m/s]	(Auekies)
Probe 2.4/2	$k_f = 10^{-5}$	[m/s]	(Auekies)
Probe 2.6/5	$k_f = 10^{-8}$	[m/s]	(Hanglehm/Hangschutt)
Probe 2.6/8	$k_f = 10^{-6} / 10^{-7}$	[m/s]	(verw. km1)

Untersuchungen zur Suffusionsgefährdung wurden nach dem Verfahren *Kenney/Lau* mit dem Programm Filter-Stability von GGU, Version 3.00 11.01.2016 durchgeführt. Die untersuchten Böden der Auekiese, des Hangschutt sowie des verwitterten Gipskeupers sind nach der Auswertung als suffusionsgefährdet einzustufen. Eine Betrachtung der Körnungslinie bestätigt dies aufgrund von bereichsweiser Ausfallkörnungen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Suffosionssicherheit sind auf den Anlagen 5.1.1 bis 5.1.6 dargestellt.

¹³ Leusink, H. et al (1960): Beitrag zur Kenntnis der bodenphysikalischen Eigenschaften von Mischböden, Inst. F. Bodenmechanik und Grundbau, TH Karlsruhe, Heft 15

4.5 Homogenbereiche nach DIN 18 300¹⁴

Die Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche erfolgt nach dem Zustand der anstehenden Schichten vor dem Lösen. Als Homogenbereich wird „ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist“¹⁵, bezeichnet. Die angetroffenen Schichten können nach **DIN 18 300** für die **Erdarbeiten** auf Grundlage der Feldbeobachtungen und Laborversuche folgendermaßen festgelegt werden:

- Homogenbereich H I: Oberboden, quartäre Deckschichten (überw. bindig)
- Homogenbereich H II: Quartäre Deckschichten (überw. Sand, Kies, Schluff Gemische, teilw. Hangschutt)
- Homogenbereich H III: verwitterter Tonstein (km1)

Tabelle 7: Homogenbereiche nach DIN 18 300 Erdarbeiten

	H I	H II	H III
Korngrößenverteilung (Feinkornanteil)	>40 Gew.-%	15 – 40 Gew.-%	>40 Gew.-%
Massenanteil Steine, Blöcke	(nicht erkundet)	(nicht erkundet)	(nicht erkundet)
Dichte	18 kN/m ³	20 kN/m ³	21 – 23 kN/m ³
undrÄnirte Scherfestigkeit (c _u)	0 – 25 kN/m ²	0 – 15 kN/m ²	0 – 25 kN/m ²
Wassergehalt (w _n)	10 – 30 %	10 – 30 %	10 – 30 %
Plastizitätszahl (I _p)	15 – 30	(nicht bindig)	15 – 30
Konsistenzzahl (I _c)	0,5 – 1,0	(nicht bindig)	0,5 – 1,0
Lagerungsdichte (I _D)	(bindig)	0,30 – 0,50	(bindig)
organischer Anteil	5 – 10%	1 – 3%	< 2
Bodengruppe nach DIN 18 196	TM, TL, ST	SU*, GU*	TM, TL

Tabelle 8: Homogenbereiche ergÄnzt um DIN 18 301 Bohrarbeiten

	H I	H II	H III
KohÄsion	2 – 20 kN/m ²	0 – 2	15 – 25 kN/m ²
Abrasivität	kaum abrasiv	kaum/schwach abrasiv	kaum abrasiv

¹⁴ DIN 18300 – Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen – Erdarbeiten, Ausgabe 08/2015.

¹⁵ VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen ErgÄnzungsband 2015 zur VOB Gesamtausgabe 2012, Kapitel 2.3 Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche.

4.6 Erdbebenzone nach DIN 4149 – Nachweis Lastfall Erdbeben DIN 19700

Nach DIN EN 1998:2010-12 (EC 8, Abs. 3.2.1) „*müssen die nationalen Territorien von den nationalen Behörden je nach örtlicher seismischer Gefährdung in Erdbebenzonen unterteilt werden*“. Gem. DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (Nationaler Anhang zum EC 8) gelten diesbezüglich die im Bild NA.1 dargestellten Erdbebenzonen. Eine ortsgenaue Zuordnung der Erdbebenzone kann zudem beim Helmholtz-Zentrum (Deutsches GeoForschungszentrum Potsdam) abgefragt werden. Diese Angabe bezieht sich jeweils auf die Ortsmitte, was den Angaben im EC 8 („*Definitionsgemäß wird die Gefährdung innerhalb jeder Zone als konstant angenommen.*“) entspricht.

Das hier betrachtete Baufeld (Oberstenfeld) liegt in keiner Erdbebenzone. Für Bereiche außerhalb von Erdbebenzonen sind nach Tab. NA.3 keine Intensitätsintervalle oder Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung angegeben. Entsprechend Bild NA.2 ist der Standort der Baumaßnahme der Geologischen Untergrundklasse R zuzuordnen. Nach unseren Erkundungen lässt sich der Baugrund überwiegend in die Baugrundklasse C nach NA Abschnitt 3.1.2 einordnen.

Für die Standsicherheitsnachweise nach DIN 19700 sind bei den zu erbringenden Nachweisen jedoch zwei Erdbebenfälle zu berücksichtigen.

Der Erdbebenfall 1 – Betriebserdbeben ist nur für Becken mit Dauerstau anzuwenden. Im vorliegenden Fall ist ein Trockenbecken geplant, so dass dieser Nachweis entfallen kann.

Im Erdbebenfall 2 - Bemessungserdbeben - ist nach DIN 19700-12, Abschnitt 7 ist für Hochwasserrückhaltebecken mittlerer Größe der Bodenbeschleunigungswert für eine Wiederkehrperiode von $T=1000$ Jahren zu berücksichtigen.

Eine Arbeitshilfe bzw. einheitliche Richtlinie zur Nachweisführung der Erdbebensicherheit für Stauanlagen in Baden-Württemberg ist derzeit in Bearbeitung, liegt aber noch nicht vor. Vorbehaltlich dieser ausstehenden Regeln wird die rechnerisch anzusetzende Bodenbeschleunigung für die Erdbebenfälle anhand der vom Deutschen GeoForschungszentrum, Potsdam, im Internet bereitgestellten Beschleunigungswerte ermittelt (siehe Abbildung).

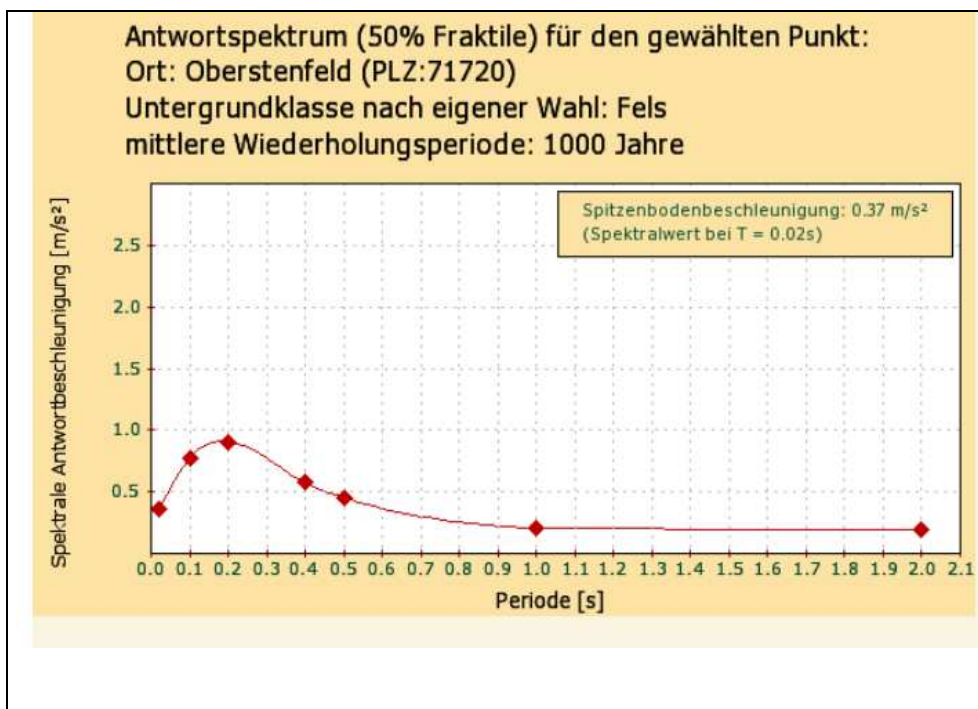


Abb. 1: Antwortspektrum gemäß Geoforsch-Zentrum für Oberstenfeld

Als Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_0 ist die spektrale Antwortbeschleunigung bei der Periode $s=0$ anzusetzen. Gemäß Diagramm ergibt sich $a_{gR} = 0,37 \text{ m/s}^2$. Die rechnerisch anzusetzende Bodenbeschleunigung ist gemäß DIN EN 1998-1:2004 [$a_{gR} \times S$]. Der Untergrundparameter S ergibt sich gemäß DIN EN 1998:2010-12 (EC 8, Tab. NA.4) für die oben genannte Baugrundklasse C-R mit 1,5. Damit ergibt sich $a_g = a_{gR} \times S = 0,37 \times 1,5 = 0,55 > 4 \%$ der Erdbeschleunigung g .
Der Nachweis für das Bemessungserdbeben muss daher geführt werden.

4.7 Kampfmittelfreiheit

Wir empfehlen vorsorglich eine Anfrage beim Kampfmittelräumdienst Baden-Württemberg hinsichtlich möglicher Kriegseinwirkungen auf dem Baugelände. Für die Anfrage erforderliche Formulare können auf der Internetseite des Regierungspräsidiums Stuttgart heruntergeladen werden (<https://rp.baden-wuerttemberg.de/Themen/Sicherheit/Kampfmittel/Seiten/Formulare.aspx>). Für die Bearbeitung des Antrags fallen Gebühren an. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass derzeit der Kampfmittelräumdienst Bearbeitungszeiten von mehreren Wochen benötigt. Es ist auch möglich, derartige Auskünfte über private Büros anzufordern, bei denen die Bearbeitungszeit kürzer ist.

5. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

Die gemessenen Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Bohrsondierungen sind in Tabelle 8 gelistet. Daraus ist ersichtlich, dass der Grundwasserspiegel in der Talsohle der Bottwar auf einem Niveau verläuft, mit Ausnahme bei BK 2.2, hier liegt der Wasserspiegel deutlich tiefer. In BK 2.1 und BK 2.3 konnte ein Grundwasserspiegel unmittelbar nach abteufen der Bohrungen nicht gemessen werden. Es ist dennoch davon auszugehen, dass die Auekiese Grundwasser führen können und Inhomogenitäten im Untergrund bzw. stark bindige Schichtglieder den Grundwasserstand beeinflussen. Es ist davon auszugehen, dass die Bohrsondierungen BS 2.8 und BS 2.9 das Grundwasserstockwerk nicht erreicht haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Auekiese und Auelehme Grundwasser führen, aber deren Durchlässigkeit durch den hohen Feinanteil gering ist.

Tabelle 8: Wasserstände nach Abschluss der Bohrsondierungen.

Sondierung	Ansatzhöhe der Bohrung [müNN]	Einmessung des Wasser m u. GOK [m]	Höhe des Wasser [müNN]
BK 2.2	256,1	7,05	249,05
BK 2.4	256,1	1,30	254,80
BK 2.5	257,6	2,60	255,00
BK 2.6	264,8	11,50	253,30
BS 2.7	259,8	5,0	254,80

Die Bachsohle der Bottwar liegt nach den vorliegenden Planunterlagen im Bereich des Durchlassbauwerks bei rd. 253,90 müNN. Demnach liegt der Bachwasserspiegel zum Zeitpunkt der Untersuchungen zumeist im Bereich der gemessenen Grundwasserstände. Da zwischen dem Abteufen der Bohrungen und der Messung des Grundwassers teilweise nur wenige Stunden lagen, wurde nicht zwingend der höchstmögliche Wasserstand gemessen.

Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen kann ein direkter Zusammenhang zwischen den gemessenen Grundwasserständen und dem Pegel der Bottwar in dem Untersuchungsgebiet nicht festgestellt werden. Eine entsprechende Notwendigkeit zur Klärung der Grundwasserverhältnisse im Zusammenhang mit dem Wasserstand der Bottwar wird derzeit nicht gesehen. Sollte dieser Zusammenhang während der weiteren Planung von Bedeutung werden, sind entsprechende Feldversuche anzuordnen. Um den Anforderungen der DIN 19700-11¹⁶ gerecht zu werden (u.a. klären der

¹⁶ DIN 19700-11 – Stauanlagen – Teil 11: Talsperren, Fassung 2004

Grundwasserverhältnisse und deren Änderungen über die Zeit) kann die Errichtung von Grundwassermessstellen (Pegeln) zur längeren Beobachtung der Grundwasserverhältnisse sinnvoll sein. Pumpversuche zur Ermittlung der anfallenden Wassermengen in den überwiegend bindigen Böden, bzw. nichtbindigen Böden mit hohen bindigen Anteilen ist für die geotechnische Beurteilung des Standorts im Hinblick auf den Bau des Damms derzeit nicht erforderlich.

6. BAUWERKE – BAUGRUBENSICHERUNG – WASSERHALTUNG

6.1 Durchlassbauwerk

6.1.1 Allgemein

Über die geplante Ausführung des Durchlassbauwerks (Abmessungen, Geometrie, Absetztiefen, etc.) liegen derzeit keine genauen Kenntnisse vor. Für die nachfolgenden Betrachtungen werden Annahmen aus Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bauvorhaben getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass das Absperrbauwerk als Stahlbetonbauwerk über die gesamte Dammhöhe hergestellt wird. Nach den vorliegenden Planunterlagen des Ingenieurbüros Winkler und Partner mit dem Arbeitsstand vom 13.01.2016 weist das Durchlassbauwerk in Dammachse eine Breite von rd. 10,0 m auf. Wird davon ausgegangen, dass die Stahlbetonsohle des Durchlassbauwerk eine Mächtigkeit von größer 0,3 m aufweist und das Durchlassbauwerk als durchgängiges Bauwerk für Tiere in Fließgewässern ausgebildet wird (Annahme Sohlsubstrathöhe 0,2 m - 0,5 m), so kommt die Sohle unterhalb einer Höhe von im Mittel 253,1 müNN zum Liegen.

6.1.2 Schichtenaufbau im Bereich Durchlassbauwerk

Die unmittelbar nördlich des geplanten Durchlassbauwerks durchgeführten Bohrungen (BK 2.5 und BK 2.4) weisen bis rd. 254,1 müNN bzw. 253,8 müNN überwiegend quartäre Deckschichten auf. Tieferreichend wurden die stark verwitterten Schichten des Gipskeupers (km1) aufgeschlossen. Die südlich von dem geplanten Durchlassbauwerk durchgeführte, nächstgelegene Bohrung (BK 2.2) weist bis rd. 250,1 müNN überwiegend wenig tragfähige quartäre Deckschichten auf. Die durchgeführten Rammsondierungen DPH 2.2 und DPH 2.3 bestätigen die relativ geringe Tragfähigkeit in den erkundeten quartären Deckschichten mit Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 1 - 10$ bereichsweise sogar nur zwischen $N_{10} = 1 - 5$ Schlägen.

6.1.3 Lage der Bauwerkssohle im Baugrund – Unterströmungssicherung

Nach den zuvor getroffenen Annahmen zum Durchlassbauwerk sowie den Erkundungsergebnissen, kommt die Gründungssohle in unterschiedlich tragfähigen Schichten zum Liegen. Auf der nördlichen

Bachseite ist unter der Gründungssohle mit weichen bis steifen, bzw. steifen bis halbfesten Schichten des verw. Gipskeuper (Tonböden) zu rechnen. Auf der südlichen Bachseite muss unter der Gründungssohle, nach den Erkundungsergebnissen teilweise mit weniger tragfähigen quartären Deckschichten (Sand, kiesig mit weichen bis steifen bindigen Anteilen) gerechnet werden. Eine Suffosionssicherheit der Böden ist nicht gegeben. Zur Vermeidung von Piping o.ä. in der Übergangsfuge des Bauwerks zum Baugrund sollte eine Sicherung gegen Unterströmung des Bauwerks und seitlicher Umströmung des Bauwerks erfolgen. Dies kann z.B. durch eine Herdmauer oder Spundwand erreicht werden. Nach den vorliegenden Unterlagen und der angenommenen Absetztiefe des Bauwerks ist davon auszugehen, dass die aufgehenden Wände des Bauwerks teilweise in das bestehende Gelände einschneiden. Da im Übergangsbereich zwischen der Sohle und den Wänden auf der Südseite überwiegend nichtbindige Böden (Auekiese, Auesande) anstehen (siehe BK 2.2), muss der Anschluss des Durchlassbauwerks an den Baugrund hier besonders sorgfältig ausgeführt werden. Nach Möglichkeit sind die nichtbindigen Böden weitestgehend auszuräumen und durch dichtende bindige Böden zu ersetzen, bzw. durch eine dichtende bindige Bodenlage (Dichtungstep-pich) abzudecken. Eine entsprechend konstruktive Maßnahme zur Sicherung des Durchlassbauwerks gegen eine Umströmung, Piping bzw. Suffosion insbesondere in den nichtbindigen Böden, ist durch die Ausbildung einer „Herdmauer“ oder Spundwand zumindest bis in die nicht Suffosionsgefährdeten wenig durchlässigen Böden der Dammschüttung zu führen. Im Bereich der Dammschüttung kann durch das Einbauen eines entsprechenden suffosionssicheren Materials, und einem Nachweis gegen Fugenerosion ggf. auf die Ausbildung einer „Herdmauer“ (Flügel) verzichtet werden. Um eine optimale Abdichtung zwischen Durchlassbauwerk und Dammbauwerk, bzw. anstehendem Baugrund zu erreichen, sollten die Wände des Durchlassbauwerks geneigt (15:1; 20:1) ausgeführt werden. Dadurch lassen sich, bei optimaler Ausführung, ggf. weitere konstruktive Maßnahmen gegen eine Umströmung verhindern.

6.1.4 Bauwerksgründung

Die Gründung erfolgt voraussichtlich über eine tragende Bodenplatte, die nach den Erkundungsergebnissen nördlich des Bachlaufs überwiegend in den steifen bis halbfesten bzw. teilweise in den weichen bis steifen Böden des verw. km1 zum Liegen kommt. Die südlich des Bachlaufs anstehenden überwiegend nichtbindig geprägten Auekiese mit hohen bindigen Anteilen eignen sich auf Grund der geringeren Tragfähigkeit gegenüber der nördlich erkundeten Böden, sowie im Hinblick auf relativ große zu erwartenden Mitnahmesetzungen aus der Dammschüttung nicht als Absetzhorizont für das Durchlassbauwerk. Um eine einheitlich tragfähige Gründungssohle für das Durchlassbauwerk herzustellen, kann nach den Erkundungsergebnissen bereichsweise von einem Bodenaustausch mit Mächtigkeiten von rd. 1,0 m ausgegangen werden. Die tiefer anstehenden verwitterten

Schichten des Gipskeupers stehen nach den Untersuchungsergebnissen bis zu den Endteufen in relativ homogener Zustandsform an (steif, teilw. weich bis steif). Die Festgesteinsschicht, des zu erwartenden Gipskeupers liegt rd. ≥ 16 m unter dem Bauwerk.

Da die Erkundungsergebnisse im Umfeld des Durchlassbauwerks unterhalb des voraussichtlichen Gründungsbereich differierende Böden in unterschiedlichen tiefenlagen aufzeigen, ist unter der Sohlplatte zusätzlich eine ausgleichende lastverteilende Tragschicht mit ausreichender Mächtigkeit vorzusehen.

Folgende Punkte sind aufgrund des Planungsstands zu einem späteren Zeitpunkt aus geotechnischer Sicht noch mindestens zu klären:

- Lastangaben für Abschätzung eines Bettungsmoduls k_s für die Bemessung der Bodenplatte
- Angaben zu den Abmessungen des DLBW, Ausführung eines Tosbeckens etc. zur Abschätzung:
 - o der Setzungen
 - o der Auftriebssicherheit
- ggf. Ausführung der Stützwände im Zulauf zum DLBW
 - o Gründung
 - o ggf. Bemessung Winkelstützwand

6.2 Herstellung Durchlassbauwerk

Für die Herstellung des Durchlassbauwerks wird eine Umlegung des aktuellen Bachlaufs erforderlich. Das bisherige Flussbett liegt nach den Planunterlagen bei rd. 253,90 müNN. In dieser Tiefe stehen nach den durchgeführten Baugrunduntersuchungen überwiegend quartäre Böden (Auekiese) an. Diese Schichten weisen überwiegend eine Durchlässigkeit von $k_f = 10^{-6}$ bis 10^{-7} in weniger bindigen Bereichen $k_f = 10^{-5}$ aufweisen. Demnach kann der temporäre Bachlauf in ausreichendem Abstand ohne weitere Verbaumaßnahmen, um den Bereich des geplanten Durchlassbauwerks, geführt werden. Bei der Ausbildung des temporären Bachbetts ist insbesondere darauf zu achten, dass beim Antreffen von nichtbindigen Böden (Auekiese, Auesande) mit nur geringen bindigen Anteilen, die Bachbettböschungen mit bindigen, weniger durchlässigen Böden zu überdecken sind. Der Abflussquerschnitt des temporären Bachlaufs ist ausreichend groß zu bemessen um ggf. Hochwasserereignisse ableiten zu können. Sofern diese planerisch nicht auch während der Bauzeit über das bestehende Bachbett abgeführt werden. Durch die Umlegung des Bachlaufes wird die Zufahrt zum geplanten Durchlassbauwerk während der Bauzeit eingeschränkt. Ggf. ist die Errichtung einer temporären Überfahrt einzuplanen.

Die erforderliche Baugrube zur Herstellung des Durchlassbauwerks kann nach den bisherigen vorliegenden Plänen und den zuvor getroffenen Annahmen zum Durchlassbauwerk frei geböscht hergestellt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ggf. eine Absenkung des Grundwasser erforderlich wird. Bei den hier relativ hoch anstehenden Grundwasserpegeln in BK 2.5 und BK 2.4 werden voraussichtlich mehrere Brunnen erforderlich, diese sind entsprechend zu bemessen. Zudem entstehen durch die Böschungen zusätzliche Aushubmassen.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung der Baugrube ist die Verwendung eines entsprechenden Baugrubenverbau (z.B. Spundwand) zur Sicherung der Baugrube. Durch die Verwendung eines dichten Spundwandkastens (Umschließung der Baugrube) kann eine offene Wasserhaltung zur Abführung von Restsickerwasser und Niederschlagswasser genügen. Weitere Vorteile bietet der Einsatz einer dichten Baugrubenumschließung im Hinblick auf geringere Aushubmassen. Bei einem Verbleib der Spundwand im Untergrund und einem entsprechenden Anschluss an das Durchlassbauwerk, kann diese als Unterströmungsschutz verwendet werden. Dieser Unterströmungsschutz wirkt gegen Erosions- und Subrosionsvorgänge im Untergrund unter dem Bauwerk und auch an den Rändern des Bauwerks. Ein entsprechender Baugrubenverbau ist zu dimensionieren. Aufgrund der anstehenden Böden können ggf. Vorbohrarbeiten erforderlich werden.

6.3 Damm- und Erdbauarbeiten

6.3.1 Allgemein

Das ca. 150 m lange und 60 m breite Dammbauwerk weist nach den Planunterlagen derzeit Böschungen von 1:3 auf. Das Dammbauwerk verläuft von Nordnordwest nach Südsüdost und schneidet auf der Nordseite die anstehende steilabfallende Talflanke ein. Im nördlichsten Bereich, soll der bestehende landwirtschaftliche Weg an den Dammkronenweg angeschlossen werden. Rund 30 m südlich soll das ca. 10 m breite Durchlassbauwerk im Bereich des bestehenden Bachlaufs errichtet werden. Anschließend erstreckt sich der Damm noch rd. 110 m südlich und schneidet in eine anstehende Berme ein. Auf dieser, der eigentlichen Talflanke vorgelagerten, Berme verläuft die Kreisstraße K2092 an welche der Dammkronenweg ebenfalls angeschlossen werden soll.

6.3.2 Mögliche Dammtypen - Homogener Damm – Zonendamm

Als mögliche Arten für den Dammaufbau kommen insbesondere die Ausführung eines Homogenen bzw. eines Zonendamms in Frage. Derzeit liegen keine Informationen über ausreichende Mengen geeigneter Böden zum Bau eines Damms vor. Der letztendlich technisch- und wirtschaftlich sinn-

vollste Dammtyp muss u.a. nach einer Untersuchung von geeignetem Baumaterial, welches den Qualitätsansprüchen nachkommt und in wirtschaftlicher Entfernung vorliegt, gewählt werden.

Für den geplanten Damm erscheint nach derzeitigem Kenntnisstand sowie auf Grund der Tatsache, dass es sich bei dem geplanten HRB um ein Trockenbecken handelt, ein Aufbau als homogener Damm am günstigen, sofern die hier und im Umfeld geeigneten mittelplastischen Böden in ausreichenden Mengen anstehen.

6.3.3 Aufbau / Anforderungen als homogener Damm

Im Hinblick auf die Anforderungen an das einzubauende Material kann das Regelwerk „Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg – Arbeitshilfe zur DIN 19700“¹⁷ der LUBW herangezogen. Demnach sollten Dammschüttungen aus bindigem Material die im Damm Dichtungsfunktionen übernehmen (homogener Damm), folgende Materialanforderungen aufweisen:

Bodengruppen nach DIN 18196:	TM und TL
Steinanteil ($\varnothing < 63$ mm):	≤ 35 %
Gehalt an organischen Inhaltstoffen:	≤ 3 %
Fließgrenze W_L	≤ 80 %
Ausrollgrenze W_P :	≤ 20 %
Plastizität I_P :	≥ 10 %
Tongehalt (Korngröße $< 0,002$ mm):	≥ 20 %
Natürlicher Kalkgehalt:	≤ 10 %
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	$\leq 10^{-7}$ m/s

Je nach Art des Bodenmaterials ergeben sich dann folgende bodenmechanische Rechenwerte für das eingebaute Material:

Wichte:	$\gamma = 20,0$ bis $21,0$ kN/m ³
Reibungswinkel:	$\varphi' = 22,5^\circ$ (Bodengruppe TM) bis $27,5^\circ$ (TL)
Kohäsion:	$c' = 7$ kN/m ² (Bodengruppe TL) bis 10 kN/m ² (TM).

Die Höhe des luftseitigen Fußfilters soll bei homogenen Dämmen mindestens der Dicke $h/6 \approx 1,6$ m entsprechen.

¹⁷ LUBW (2007): Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken, 1. Auflage, Rheinstetten 2007

Materialanforderungen

- Material muss möglichst einheitlich, d.h. in ausreichend großen Chargen zur Verfügung stehen
- Material muss eine stetige Kornverteilung besitzen ohne Ausfallkörnung (Erosionsstabilität)
- Beständigkeit unter dem Einfluss von Durchsickerung, d. h. Suffosionsbeständigkeit des Materials. Daraus ergibt sich eine Begrenzung des Ungleichförmigkeitsgrades.
- Ausreichende hohlraumfreie Verdichtbarkeit (wesentlich insbesondere für den Feinstkornanteil, und Steinanteile)

Einbauanforderungen

Außer den Materialanforderungen werden in der zitierten Arbeitshilfe¹⁷ folgende Einbauanforderungen genannt:

Verdichtungsgrad:	$D_{Pr} \geq 100 \% \text{ e. P.}$
Mindestverdichtungsgrad innerhalb einer Lage:	$D_{Pr} \geq 97 \%$
Luftporengehalt:	$n_a \leq 12 \%$
Schütthöhe (locker) bei bindigen Böden:	$d \leq 30 \text{ cm}$
Größtkorn bei bindigen Böden:	$\leq 10 \% \text{ der Schichtdicke,}$ max. 80 mm.

Die Schüttung der Dämme ist lagenweise vorzunehmen. Das Schüttmaterial ist unter sorgfältiger, lagenweiser Verdichtung einzubauen. Der Wassergehalt sollte nahe dem optimalen Wassergehalt (~ Ausrollgrenze) liegen, um eine ausreichende Verdichtung ohne besondere Verbesserungsmaßnahmen erzielen zu können. Das für die Dammschüttung vorgesehene Material ist im Hinblick auf die oben formulierten Anforderungen einer Eignungsprüfung zu unterziehen.

Um eine vollständige Verdichtung auch der Böschungsbereiche zu gewährleisten, wird empfohlen während des Einbaus ein Überprofil über das Sollprofil hinaus zu schütten und zu verdichten. Dieses Überprofil ist nach Herstellung der Gesamthöhe der Böschung wieder bis auf das planmäßige Profil abzutragen.

Zusätzliche Vorschüttungen mit bewurzelungsfähigem Boden sind mit der Böschung durch Einschneiden von Erdhaken zu verzahnen. Das nachträgliche Einschneiden für die Erdhaken ist beim statisch erforderlichen Dammprofil mit zu berücksichtigen.

Böden, die für einen Einbau zu feucht sind, können nur eingebaut werden, wenn sie durch geeignete Maßnahmen in einen ausreichend verdichtungsfähigen Zustand gebracht werden (Trocknung durch Belüftung, Mischung mit geeignetem, trockenem Material, Verbesserung durch Bindemittelzugabe etc.).

Bei ungünstiger Zustandsform der Böden, mit der eine ausreichende Verdichtung wegen zu hoher Wassergehalte nicht gewährleistet werden kann, ist grundsätzlich eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln (Weissfeinkalk oder Mischbindemittel Kalk-Zement) möglich. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass sich dadurch die Wasserdurchlässigkeit der Böden erhöht. Bei Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit muss daher vor einer Bodenverbesserung eine Eignungsprüfung durchgeführt werden, um die Auswirkungen zu prüfen.

6.3.4 Aufbau / Anforderungen als Zonendamm

Sollte der Damm als Zonendamm ausgeführt werden, können entsprechende Anforderungen an die Schüttmaterialien ausgearbeitet werden.

6.3.5 Dammaufstandsfläche

Im vorliegenden Fall ist zunächst der Bewuchs (Bäume, Sträucher, etc.) mit Wurzeln in der geplanten Dammaufstandsfläche zu entfernen. Ggf. vorhandene Felddränagen sind zu entfernen um keine ungewollte Wasserwegsamkeit zu erzeugen.

Erfahrungsgemäß sind neben den Mutterboden zusätzlich weiche, organische Bereiche der Auelehmböden bzw. Auekiesböden auszuräumen. Dadurch lassen sich die Setzungen des Dammbauwerks begrenzen, zudem wird einer Unterströmung des Damms entgegengewirkt. Auf Grund der großen Mächtigkeit der teilweise setzungsempfindlichen Auelehmböden, ist ein Ausräumen aus wirtschaftlicher Sicht vermutlich nicht möglich. Dies führt zu erhöhten Setzungen des Dammbauwerks, was bei der Dammschüttung entsprechend zu berücksichtigen ist. Ggf. ist eine Vorschüttung vorzunehmen damit ein Teil der Setzungen bereits vor dem Bau des eigentlichen Damms abgeklungen ist. Eine weitere Möglichkeit ist z.B. das Verbessern des Bodens mit z.B. Rüttelstopfsäulen.

Wird ein Schutz des Bauwerks gegen Unterströmung rechnerisch nicht erforderlich oder konstruktiv begrenzt und können Setzungen auch unter belassen von quartären Deckschichten im Baugrund in Kauf genommen werden, empfehlen wir die Dammaufstandsfläche durch eine Bodenverbesserung mit einem Kombinationsbindemittel (Gemisch aus Zement und Kalk, das den Vorteil besitzt, günstiger als reiner Weißfeinkalk zu sein und eine höhere Festigkeit des verbesserten Materials gewährleistet) zu stabilisieren. Man hat dann einen gewissen Schutz des Erdplanums gegen Witterungseinflüsse während der Baumaßnahme und die erste Schüttlage kann besser verdichtet werden, da bereits ein verdichtetes „Widerlager“ hergestellt wurde. Erfahrungsgemäß ist keine ausreichende Verdichtung der ersten Schüttlage zu erzielen, wenn die Aufstandsfläche locker gelagert oder bei bindiger Beschaffenheit weich ist.

6.3.7 Umweltverträglichkeit des Dammschüttmaterials

Die einzubringenden Böden müssen die Anforderungen des Bundesbodenschutzgesetzes sowie der Altlastenverordnung einhalten. Für die Verwendung von zugeführtem Material in technischen Bauwerken gilt gemäß „Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ (2007), dass in Trockenbecken für Hochwasserdämme Bodenmaterial mit den Qualitätsstufen Z0 und Z1.1 eingebaut werden darf. Die Einhaltung der Zuordnungswerte ist durch Analysen zu belegen und der Einbau ist zu dokumentieren. Auf Grund der Lage des geplanten Damms in dem Wasserschutzgebiet III und der Nähe zum Wasserschutzgebiet II ist die maximal zulässige Qualitätsstufe des Dammschüttmaterials mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

7. STANDSICHERHEITS- UND SETZUNGSABSCHÄTZUNG DES DAMMES

7.1 Allgemein

Nachfolgend werden in einem Schnitt, welcher für eine erste Abschätzung der Standsicherheit des geplanten Damm als maßgeblich angesehen wird, mehrere Berechnungen durchgeführt (siehe Anlage 5.2.1 bis 5.2.2). Konstruktive Maßnahmen wie z.B. einer wasserseitigen Steinschüttung zum Absenken des Porenwasserüberdrucks oder eines luftseitigen Steinfuß zur Verhinderung eines Austritts von Sickerwasser werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Diese Maßnahmen sind planerisch festzulegen und bei den statischen Berechnungen des Damms zu berücksichtigen. Die durchgeführten Berechnungen ersetzen keine endgültige Standsicherheitsbetrachtung des Damms, wie sie gemäß DIN 19700:2004-07 zu führen ist.

7.2 Standsicherheitsabschätzung

Zur Abschätzung der Standsicherheit des geplanten Erddamm wird der Damm nach dem Regelquerschnitt B-B im Berechnungsprogramm GGU-Stability Version 11.10, 07.01.2016 erfasst. Das Dammschüttmaterial wird mit den unter Kapitel 6.3.3 „Aufbau / Anforderungen als homogener Damm“ angegebenen mind. erforderlichen Bodenkennwerten angenommen. Da sich die Böden quer zur Dammachse im Hinblick auf die erdstatischen Berechnungen relativ einheitlich darstellen, wird nur ein Berechnungsschnitt modelliert. In einer weiteren Berechnung wird die Standsicherheit des Damms im Hinblick auf eine schnelle Wasserspiegelabsenkung vorgenommen.

In wieweit die Auelehme, Auekiese im Baugrund verbleiben ist u.a. von den planerisch zul. Setzungen, und der Ausbildung eines Unterströmungsschutzes abhängig. Bei der Berechnung in Anlage 5.2.1 wird ein maximaler Wasserstand ZV von 263,20 müNN zugrunde gelegt. Der Verlauf der Sickerlinie im Damm wird wasserseitig auf Höhe ZV und luftseitig im Bereich des Böschungsfuß als

Gerade (linear fallend) angenommen. Zudem wird auf der Dammkrone eine Verkehrslast von $16,66 \text{ kN/m}^2$ aufgebracht. Die Berechnungen werden nach dem Teilsicherheitskonzept in der Bemessungssituation BS-P durchgeführt.

Bei der vereinfachten Betrachtung der schnellen Wasserspiegelabsenkung wird die Sickerlinie im Damm wie zuvor beschrieben angenommen. Zudem wird die Verkehrslast auf der Dammkrone aufgebracht. Die Berechnung wird nach dem Teilsicherheitskonzept in der Bemessungssituation BS-T durchgeführt.

Mit den angenommenen Einwirkungen und den erkundeten Böden, kann die Standsicherheit des Damms mit den angenommenen Bodenkenngrößen $\gamma = 20,0$; $\varphi' = 22,5^\circ$; $c' = 7 \text{ kN/m}^2$ in den durchgeführten Berechnungen nachgewiesen werden. Für den Bau des Damms sind nach DIN 19700:2004-07 weitere Standsicherheitsberechnungen erforderlich, welche zum Zeitpunkt des aktuellen Planungsstands sowie im Rahmen dieses geotechnischen Gutachtens nicht geführt werden können.

7.3 Setzungsabschätzung

Der gesamte Damm wurde ohne Berücksichtigung des Durchlassbauwerks für eine Setzungsabschätzung vereinfacht im Programm GG-Settle, Version 4.00, 30.08.2014 modelliert. Programmbedingt wird die gesamte Dammaufstandsfläche, auch im Bereich von den Talflanken, auf einer Ebene angenommen. Der Baugrund wird wie in den Aufschlüssen erkundet dargestellt. Die unterschiedlichen Schütthöhen des Damm werden über verschiedenen Spannungen definiert. Da die Baugrunderkundungen überwiegend unter dem geplanten Dammbauwerk liegen, wird der Baugrund außerhalb des Damms teilweise extrapoliert. Bei der Entwicklung des Belastungsmodells des Baugrundes, wurden für die Dammböschungen Fundamente eingeführt, die eine Dreiecksverteilung der Lasten simulieren (Dammfuß Bodenpressung 0 kN/m^2 und Zunahme bis zur Dammkrone Maximallast), während im Bereich der Dammkrone über die gesamte Breite die Maximallast angesetzt wurde (Wichte Boden 20 kN/m^2 multipliziert mit der Dammhöhe ergibt die resultierende Bodenpressung in der Dammsohle).

Für den modellierten Damm lassen sich die in Anlage 5.3.1 und 5.3.2 dargestellten Setzungen ermitteln. Die maximalen Setzungen unter der Dammkrone wurden wie folgt errechnet:

Dammaufstandsfläche auf den Auelehmen nach Abschieben des Mutterbodens und Entfernen von organischen Böden:	max. rd. 18 cm
Dammaufstandsfläche auf Bodenaustausch:	max. rd. 17 cm

Die Gründung des DLBW erfolgt voraussichtlich überwiegend auf den Schichten der Auekies. Bis zu den tonigen Schichten des verw. km1 (Gipskeuper) verbleiben nach den oben getroffenen Annah-

men zum DLBW zumeist weniger als rd. 1,0 m. Aus den zuvor genannten Gründen, sowie aus den voraussichtlich geringeren Lasten des Durchlassbauwerk treten hier geringere Setzungen von 4 - 6 cm (abgeschätzt) als im Bereich des Dammbauwerks auf. Deshalb sind die Setzungsübergänge zwischen DLBW und Damm konstruktiv zu beachten.

Bei den oben angegebenen Setzungen handelt es sich um die Setzungen des Untergrundes infolge seiner Belastung durch die Dammschüttung. Nicht enthalten sind hierbei Eigensetzungen des Dammes, die sich bei einer Schüttung aus bindigen Böden, auch bei optimaler Verdichtung, durch die Langzeitkonsolidation einstellen. Rechnerisch ergeben sich Eigensetzungen in der Größenordnung von 0,5 % bis 1 % in Abhängigkeit der Schütthöhe.

Der zeitliche Verlauf der Setzungen hängt von der Durchlässigkeit der Böden und von der Plastizität ab. Je höher die Plastizität, desto langsamer die Konsolidation und somit das Abklingen der Setzungen. Bei den hier vorliegenden Böden ist von Setzungszeiträumen auszugehen, die sich über mind. 1 Jahr erstrecken.

Grundsätzlich sind Setzungen in der Größenordnung von 15 cm bis 20 cm bei einem Erdbauwerk mit den vorliegenden Dimensionen sowie dem relativ uneinheitlichen teilweise stark verwitterten Baugrund realistisch. Zur Begrenzung der Setzungen wird vorgeschlagen die weniger tragfähigen Böden (Auelehm, Auesand, Auekies, teilweise Hangschutt) unter den hochbelasteten Bereichen in Dammachse teilweise auszuräumen. Wird das Dammbauwerk über mehrere Monate geschüttet, ist zudem davon auszugehen, dass ein Teil der Setzungen bereits während der Bauzeit abgeklungen ist.

Über die Notwendigkeit eines Aushub bzw. Teilaushub der Auelehme/Auekiese unter dem Dammbauwerk ist in der weiteren Planung bzw. nach den statischen Berechnungen zum Damm zu entscheiden. Dies wird in dem vorliegenden geotechnischen Gutachten, zur Untersuchung des Baugrunds im Hinblick auf ein zu errichtendes Dammbauwerk, nicht abschließend geklärt.

8. SCHLUSSBEMERKUNG

Der Baugrund am Standort des Hochwasserrückhaltebeckens Prevorster Tal wurde auf der Grundlage von 6 Kernbohrungen, 3 Bohrsondierungen 3 Schurfgruben und 3 Schweren Rammsondierungen beschrieben und beurteilt. Abweichungen zwischen Aufschlüssen vom hier beschriebenen Befund können nicht gänzlich ausgeschlossen werden, so dass eine sorgfältige Kontrolle der bei den Erd- und Gründungsarbeiten angetroffenen Verhältnisse und ein Vergleich zu den Ergebnissen und Folgerungen im Gutachten unerlässlich sind. In Zweifelsfällen ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

Für die Beantwortung geotechnischer Fragen bei der weiteren Planung und Ausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

Für die Geotechnik Aalen



Dipl.- Geol. W. Höffner

Sachbearbeiter:

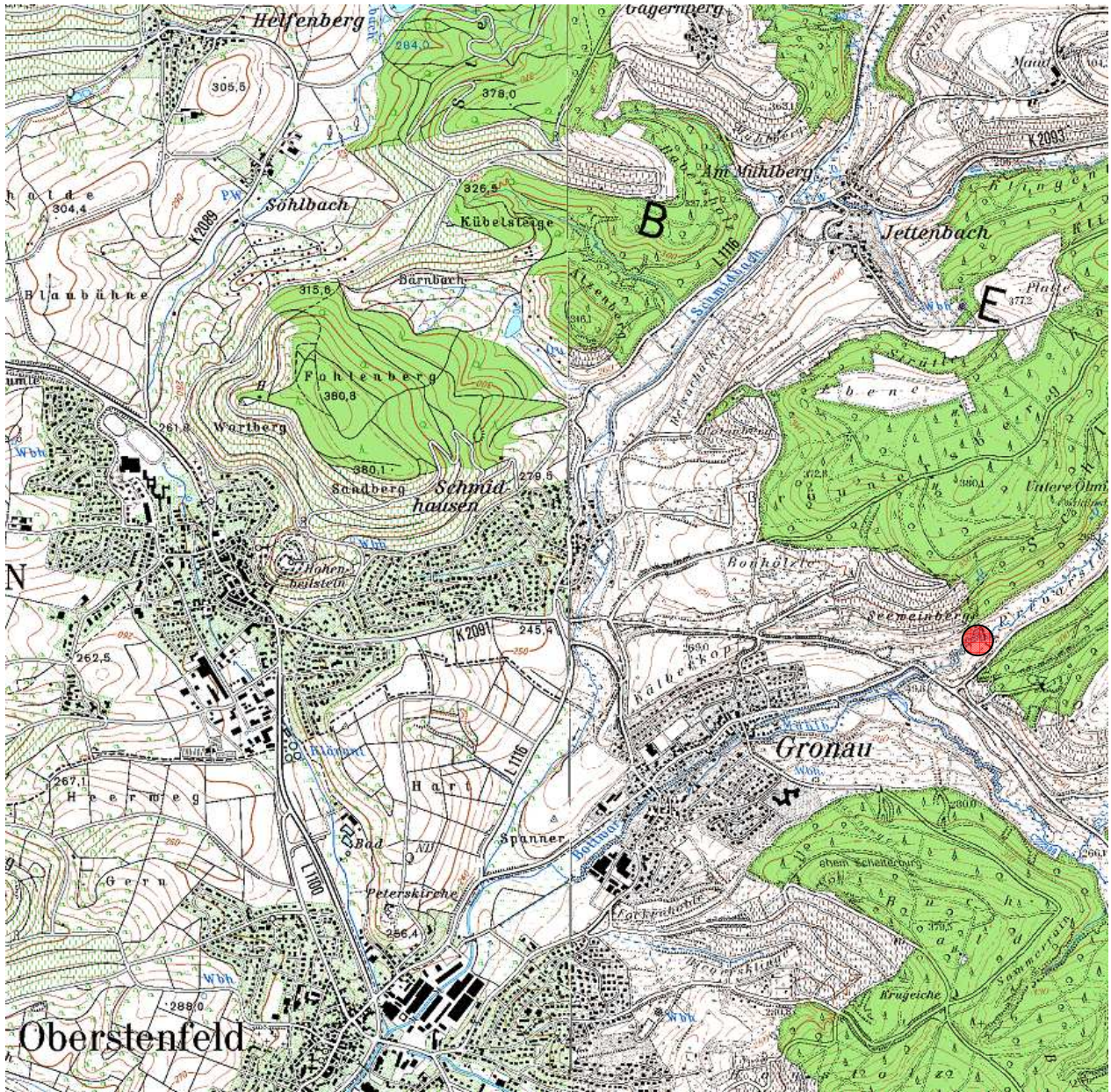
B. Eng. P. Bieg

B.Eng. M. Loose




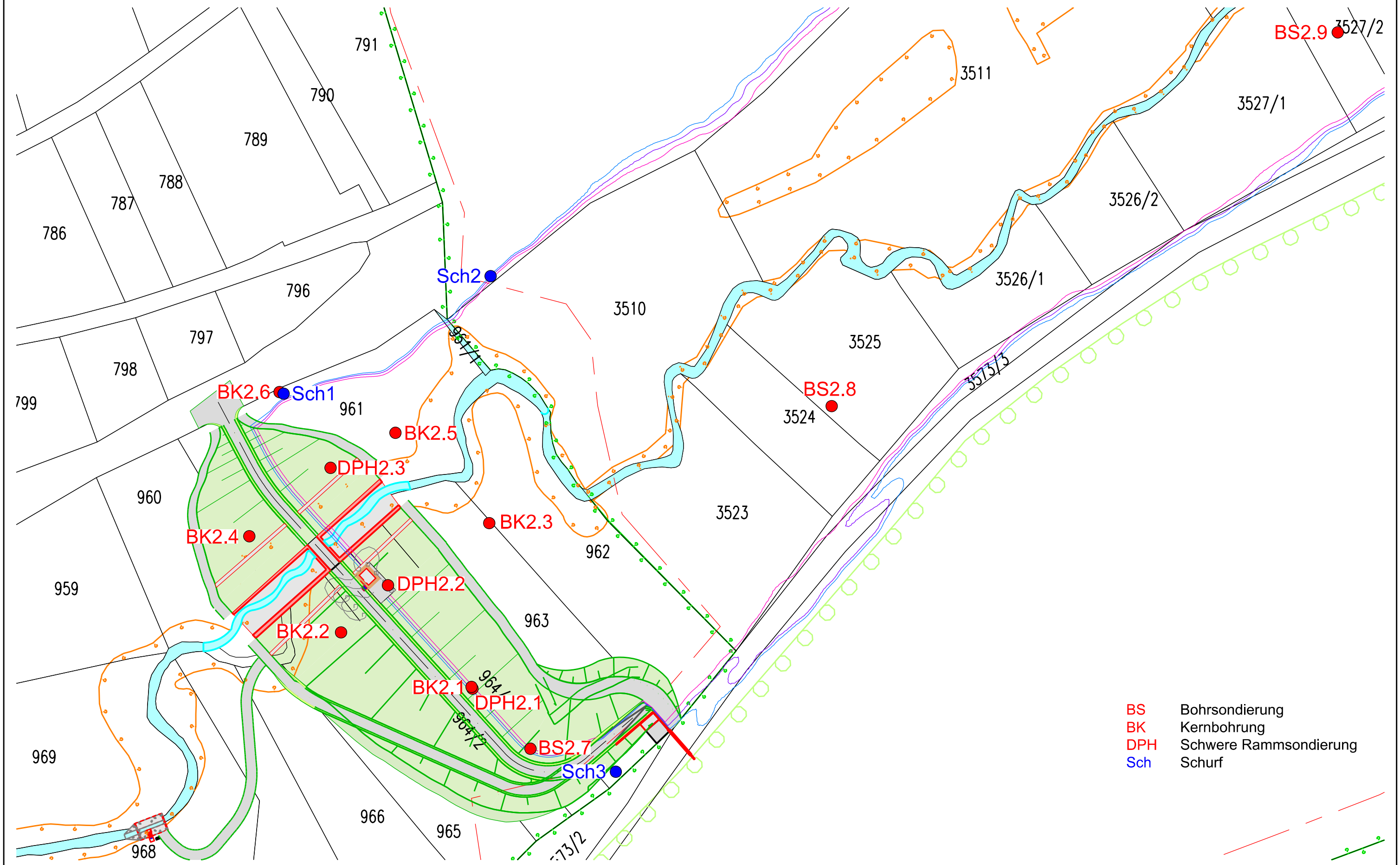
ÜBERSICHTSLAGEPLAN

Plangrundlage: TK 1: 25.000



Legende:

 Untersuchungsgebiet



GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

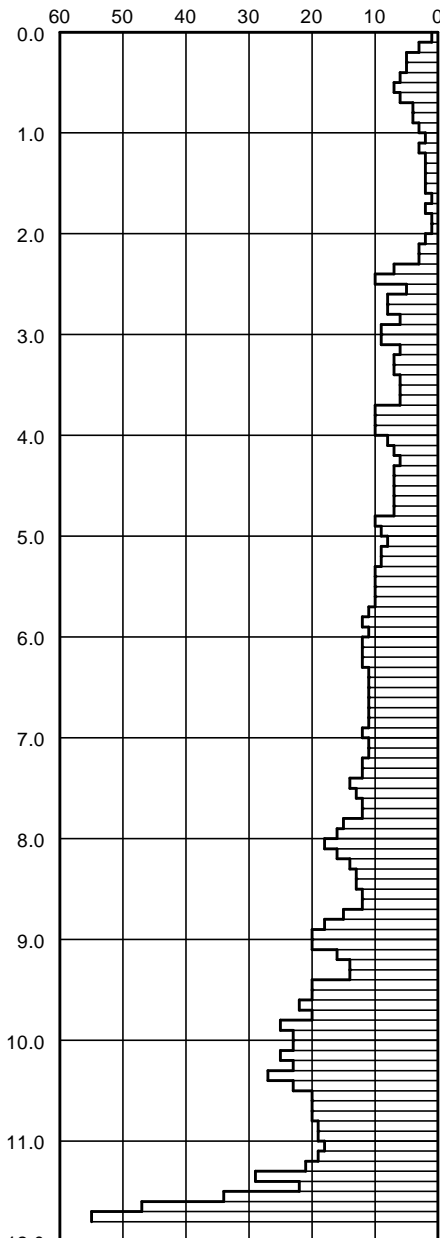
Bericht: 12208

Anlage 2.1

DPH 2.1

257,6 m NN

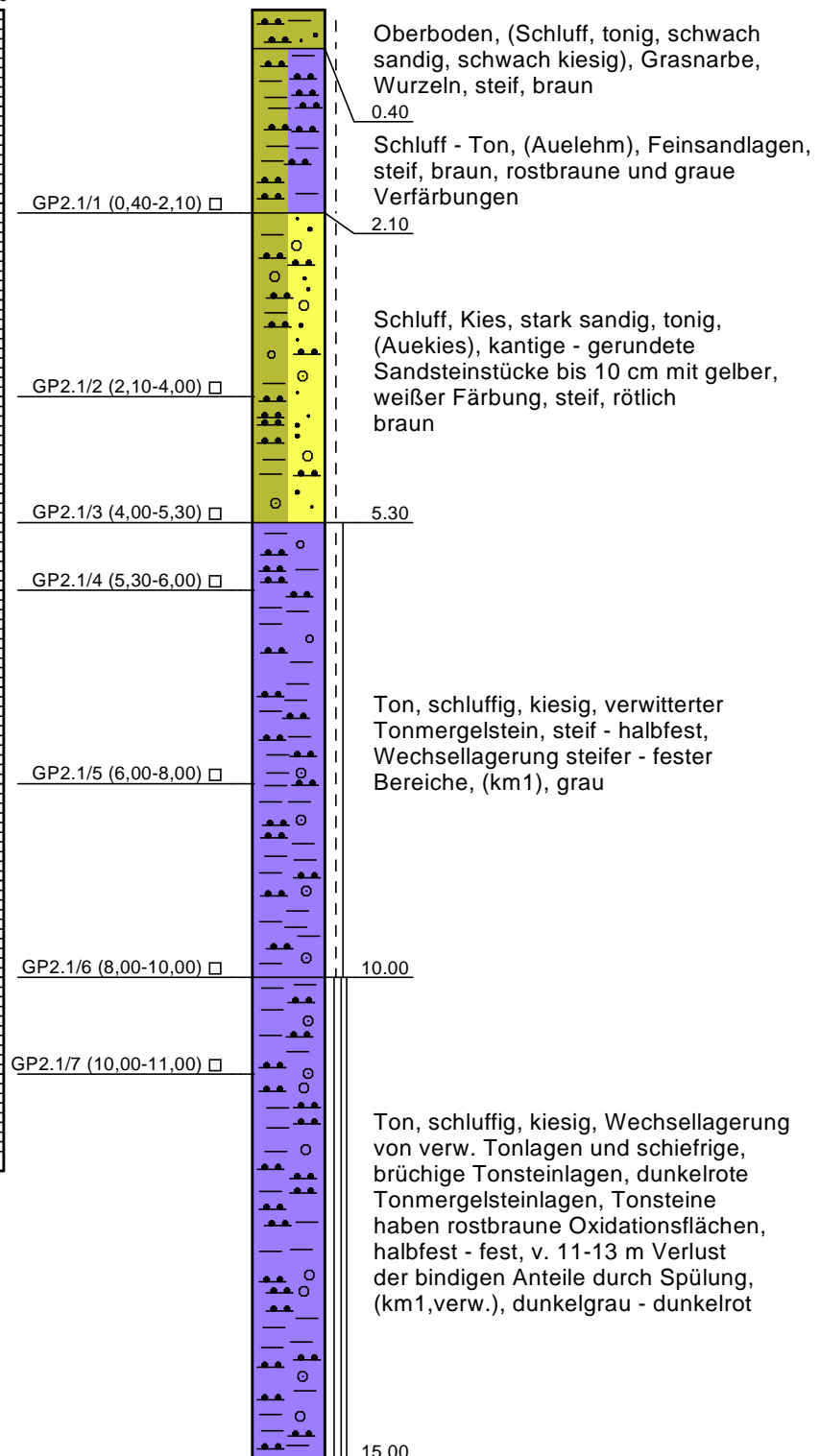
Schlagzahlen je 10 cm



12.11.15/An/We/M1: 75

BK 2.1

257,6 m NN



8.12.2015/M. Loose/M 1: 75

GEOTECHNIK AALEN

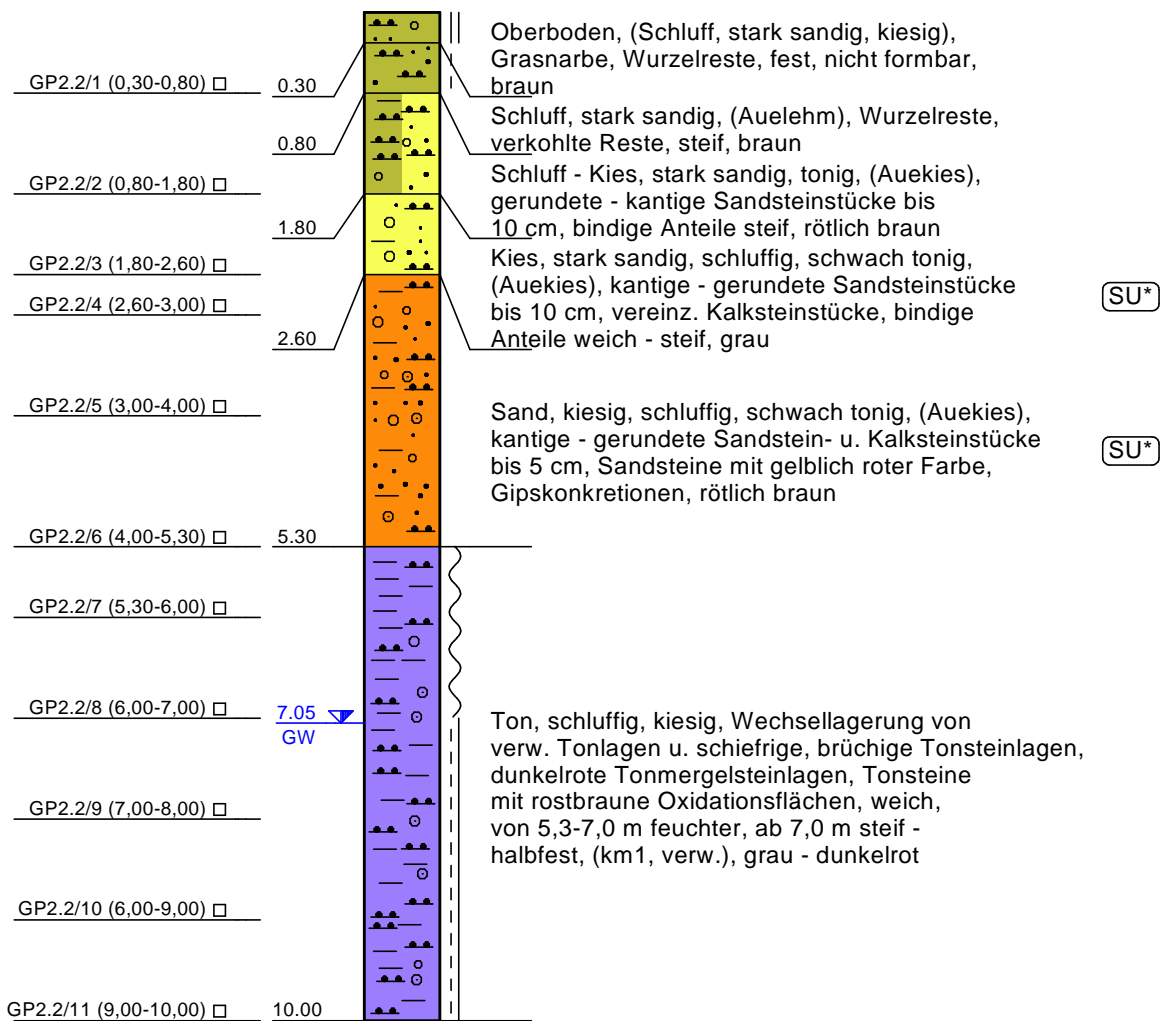
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.2

BK 2.2

256,1 m NN



08.12.2015/M. Loose/M 1: 75

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Str. 59

73431 Aalen

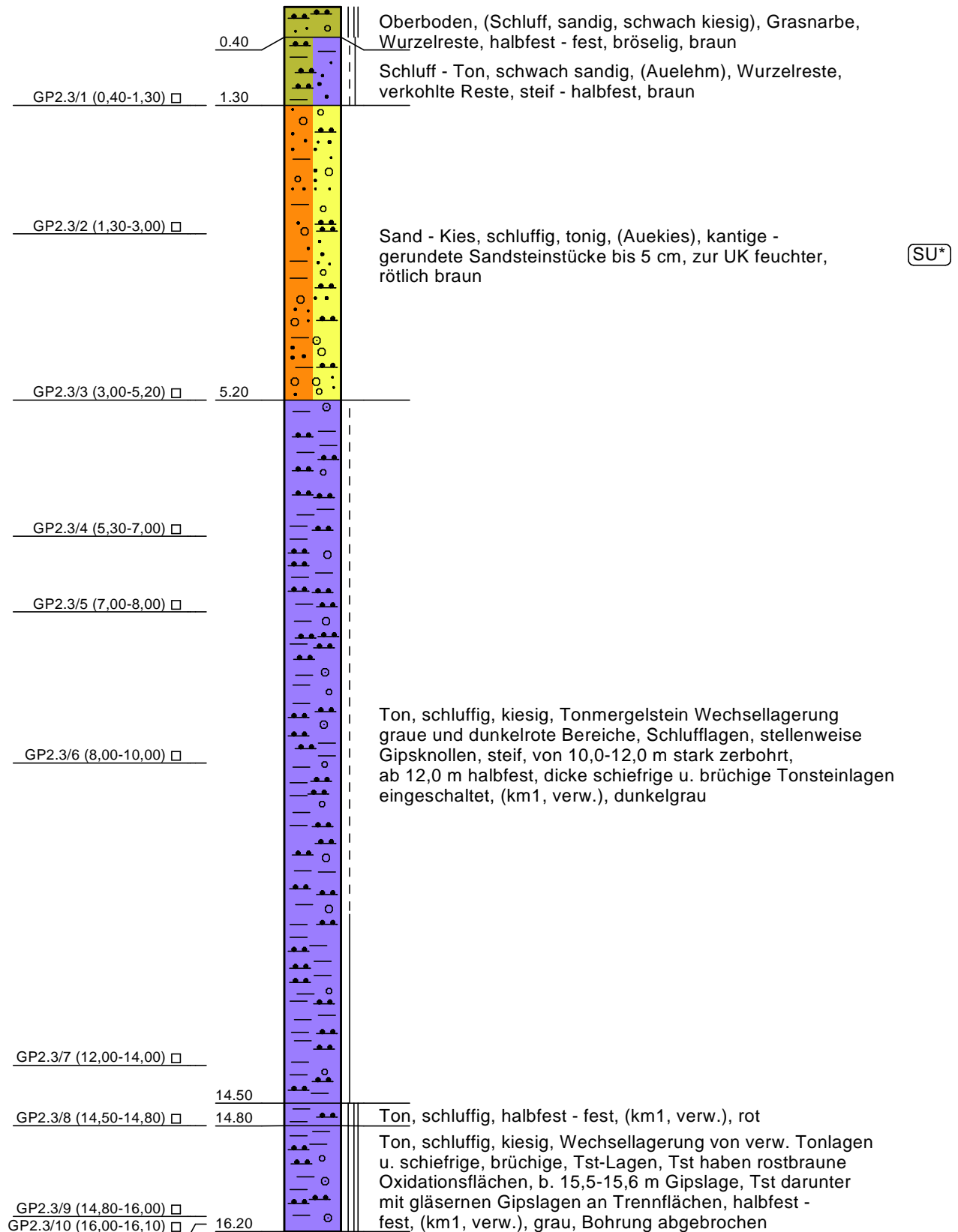
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.3

BK 2.3

257,20 m NN



GEOTECHNIK AALEN

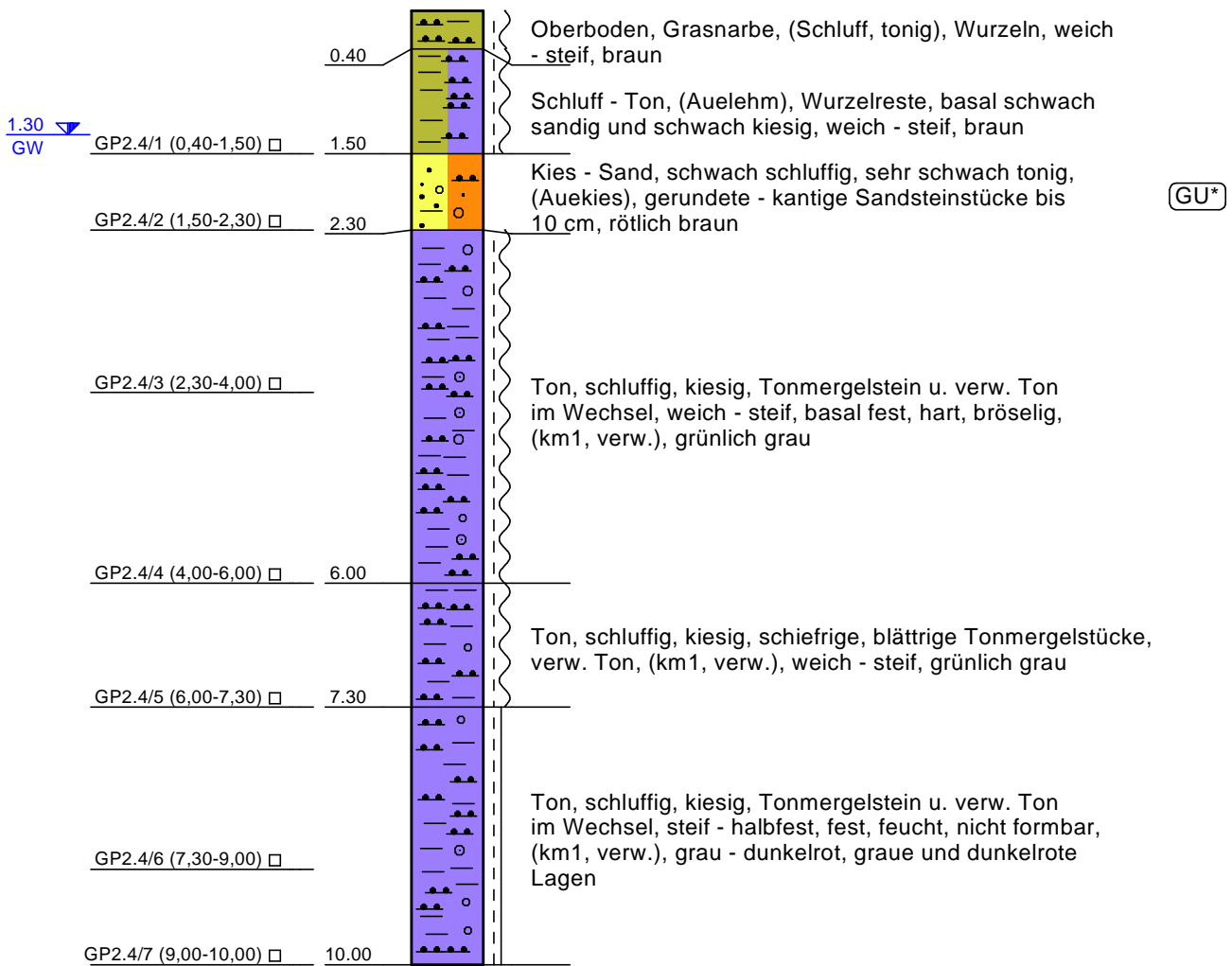
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.4

BK 2.4

256,1 m NN



GEOTECHNIK AALEN

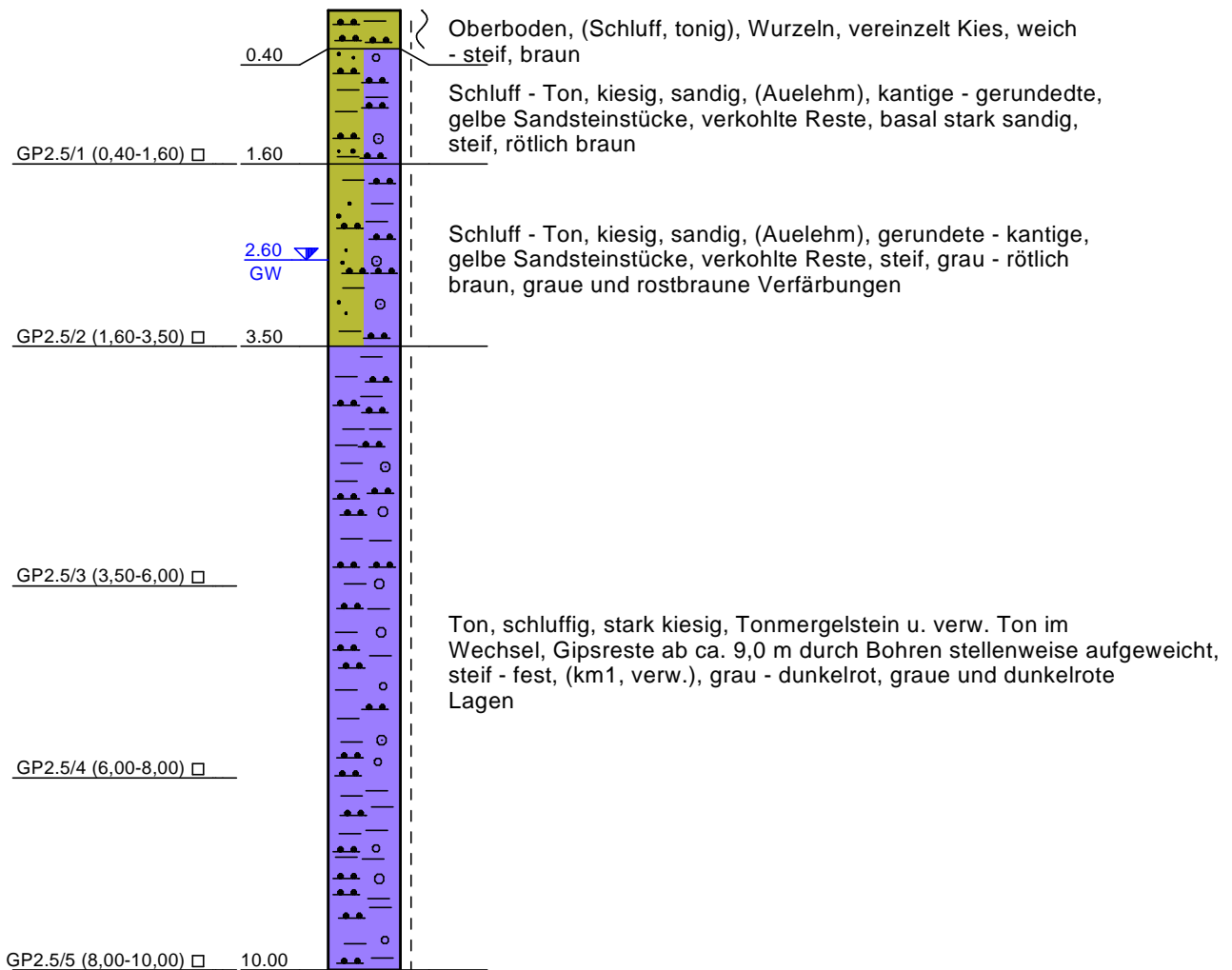
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.5

BK 2.5

257,6 m NN



08.12.2015/M. Loose/M 1: 75

GEOTECHNIK AALEN

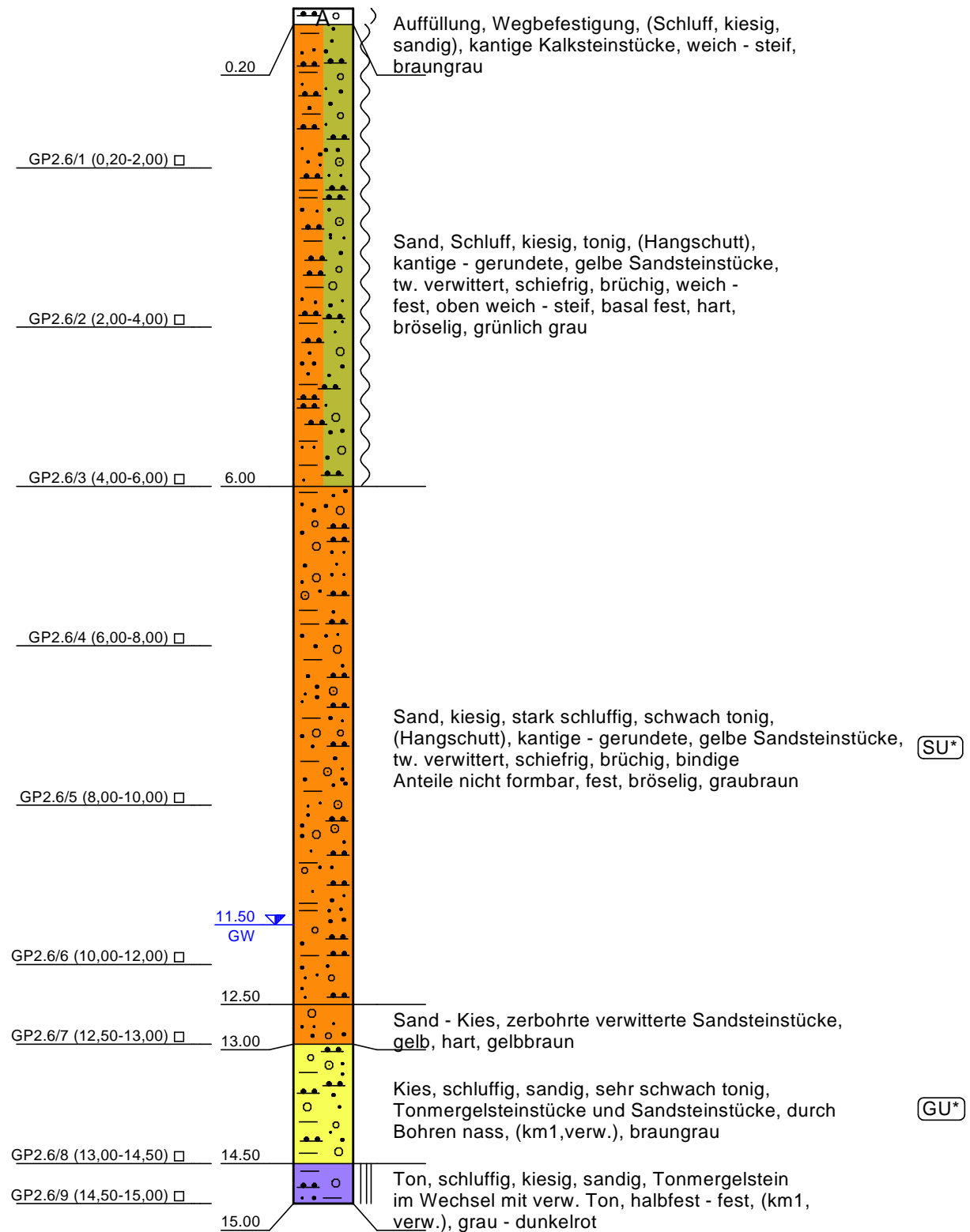
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.6

BK 2.6

264,8 m NN



GEOTECHNIK AALEN

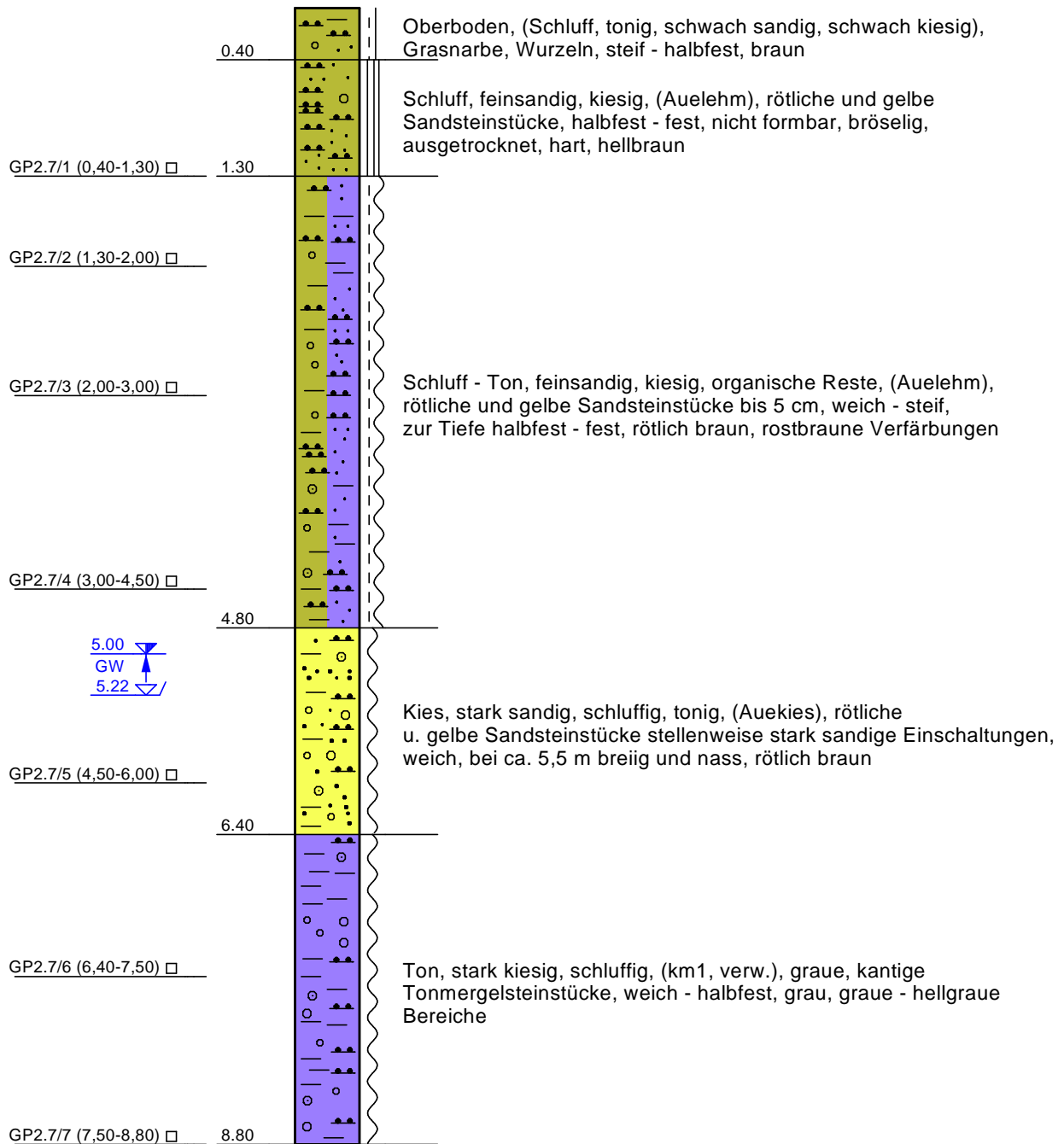
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.7

BS 2.7

259,80 m NN



12.11.2015/M. Loose/M 1: 50

GEOTECHNIK AALEN

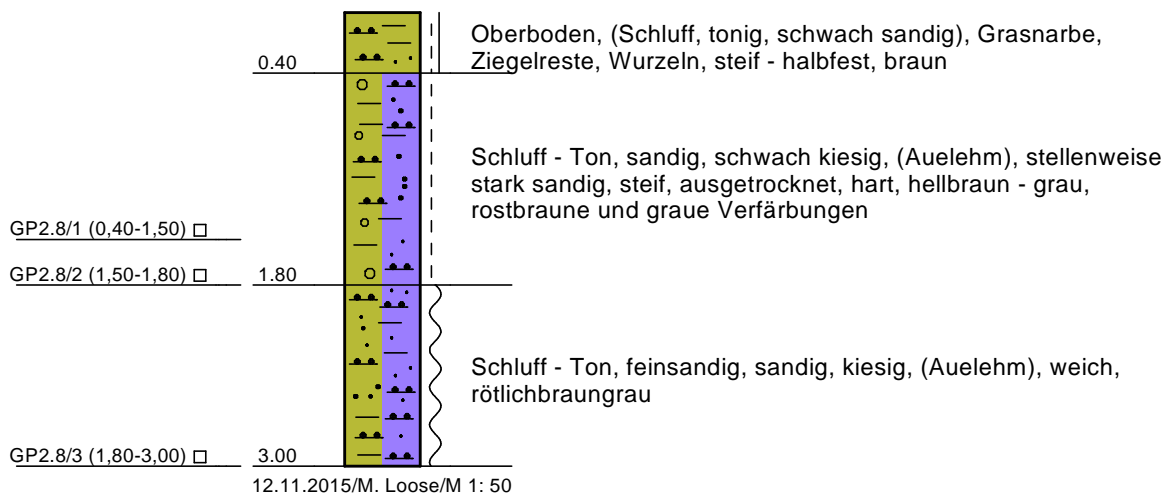
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.8

BS 2.8

259,8 m NN



GEOTECHNIK AALEN

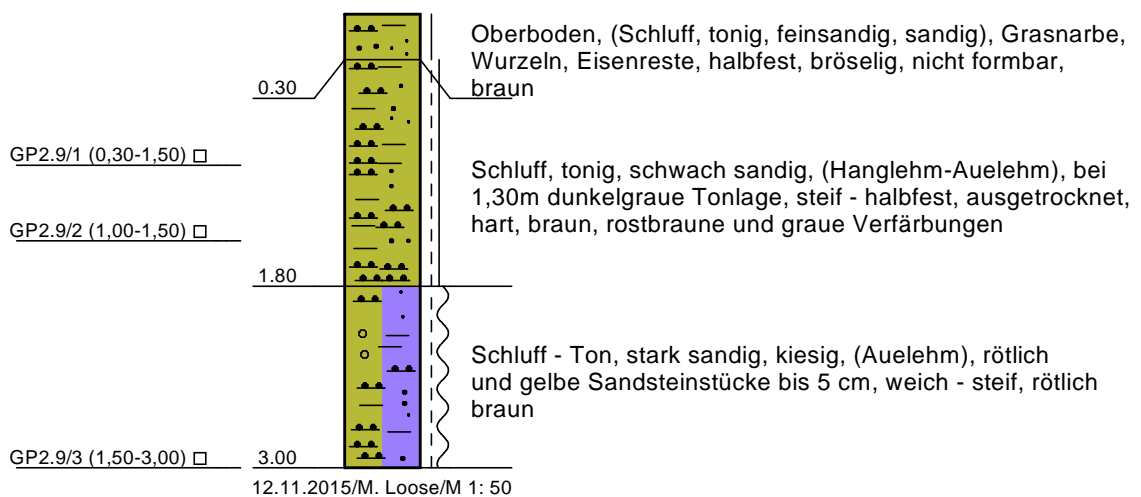
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.9

BS 2.9

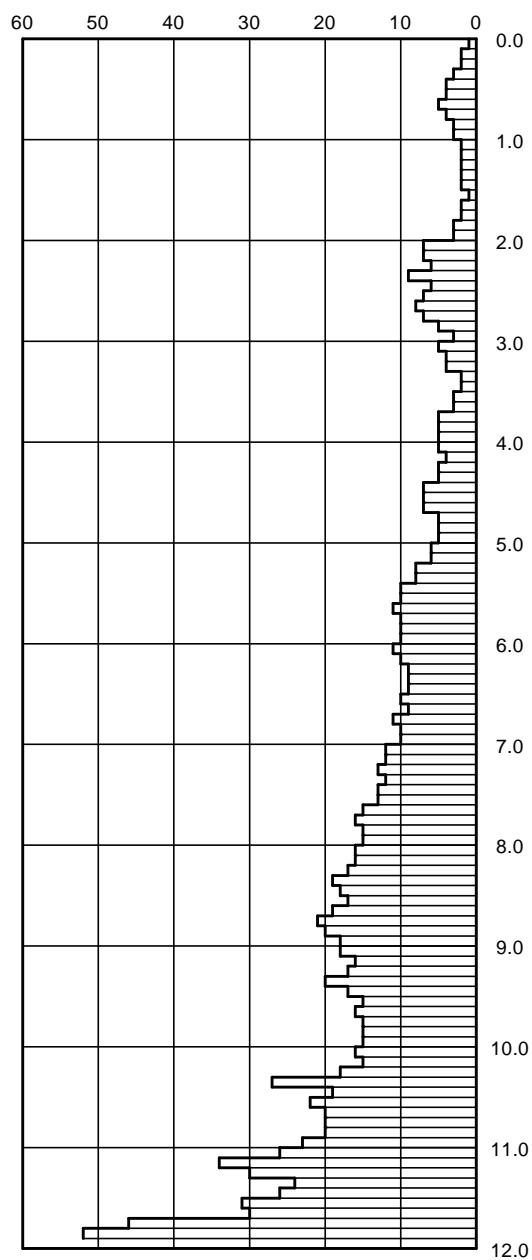
262,7 m NN



DPH 2.2

256,5 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

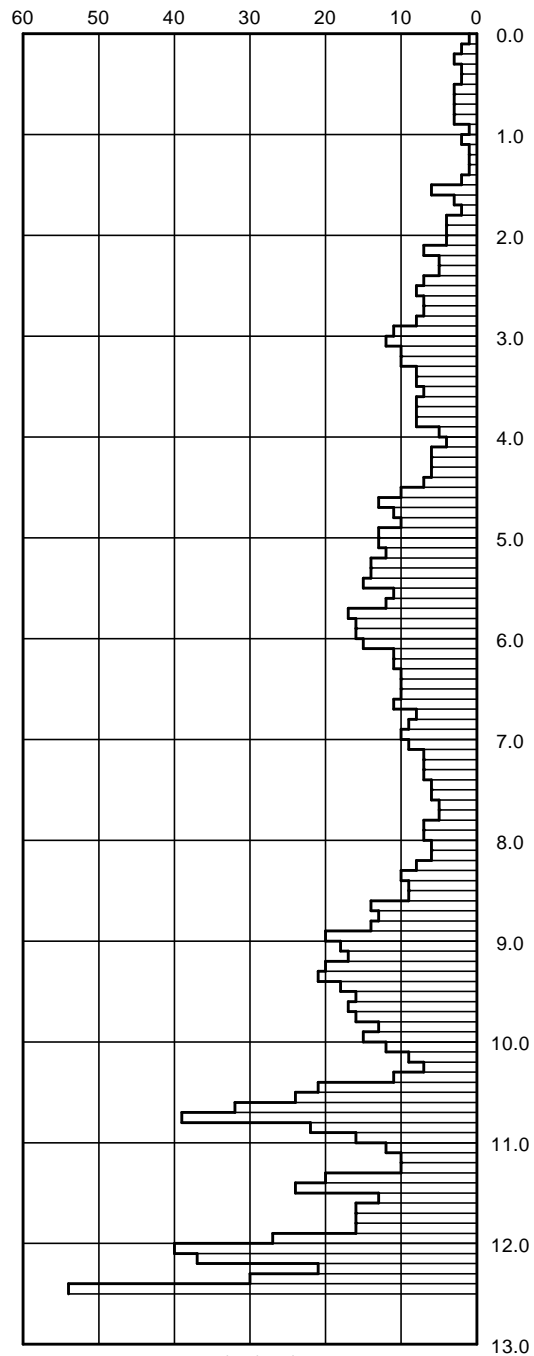


12.11.15/An/We/M1: 75

DPH 2.3

256,7 m NN

Schlagzahlen je 10 cm



12.11.15/An/We/M1: 75

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Str. 59

73431 Aalen

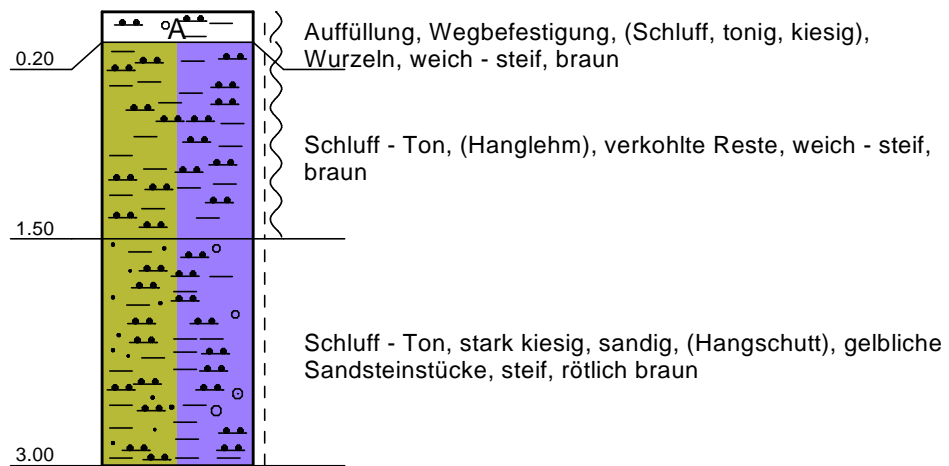
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12208

Anlage 2.12

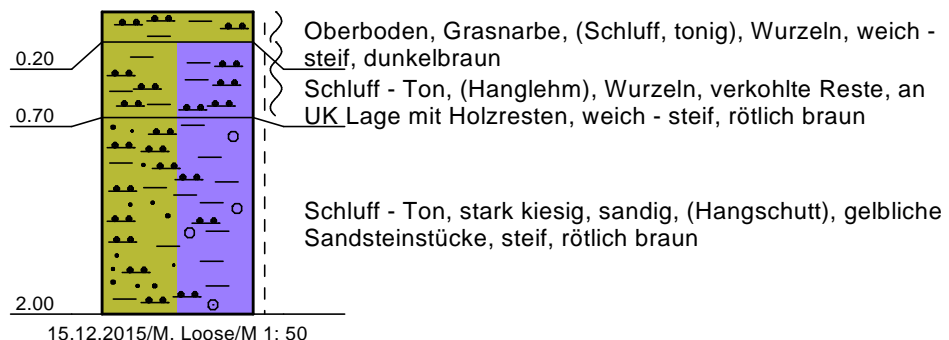
SCH 1

264,5 m NN



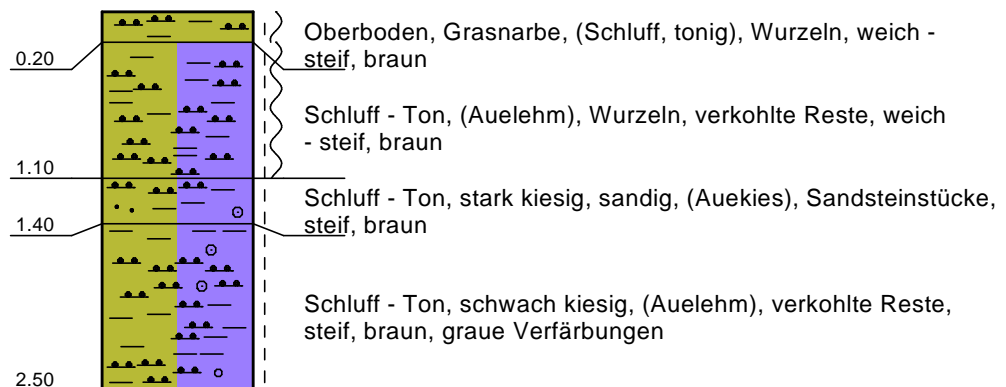
SCH 2

264,5 m NN



SCH 3

263,0 m NN



15.12.2015/M. Loose/M 1: 50

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ki

Datum: 11.12.2015

Prüfungsnummer: 01
 Entnahmestelle: BK2.1
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Probenbezeichnung:	BK2.1/1	BK2.1/2	BK2.1/3	BK2.1/4
Feuchte Probe + Behälter [g]:	430.10	431.40	412.10	394.30
Trockene Probe + Behälter [g]:	373.10	394.20	374.20	346.00
Behälter [g]:	118.50	110.20	104.40	120.20
Porenwasser [g]:	57.00	37.20	37.90	48.30
Trockene Probe [g]:	254.60	284.00	269.80	225.80
Wassergehalt [%]	22.39	13.10	14.05	21.39

Probenbezeichnung:	BK2.1/5	BK2.1/6	BK2.1/7	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	435.90	425.80	509.00	
Trockene Probe + Behälter [g]:	369.90	364.00	428.20	
Behälter [g]:	118.10	96.90	109.50	
Porenwasser [g]:	66.00	61.80	80.80	
Trockene Probe [g]:	251.80	267.10	318.70	
Wassergehalt [%]	26.21	23.14	25.35	

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ki

Datum: 11.12.2015

Prüfungsnummer: 02
 Entnahmestelle: BK2.2
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Probenbezeichnung:	BK2.2/1	BK2.2/2	BK2.2/3	BK2.2/4/5/6	BK2.2/7
Feuchte Probe + Behälter [g]:	482.80	461.80	1645.80	4388.20	477.90
Trockene Probe + Behälter [g]:	426.80	399.50	1511.20	3976.60	413.00
Behälter [g]:	120.10	103.20	615.70	333.30	107.30
Porenwasser [g]:	56.00	62.30	134.60	411.60	64.90
Trockene Probe [g]:	306.70	296.30	895.50	3643.30	305.70
Wassergehalt [%]	18.26	21.03	15.03	11.30	21.23

Probenbezeichnung:	BK2.2/8	BK2.2/9	BK2.2/10	BK2.2/11	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	425.10	437.90	571.20	514.70	
Trockene Probe + Behälter [g]:	359.90	373.70	504.00	456.20	
Behälter [g]:	107.00	123.90	130.00	105.40	
Porenwasser [g]:	65.20	64.20	67.20	58.50	
Trockene Probe [g]:	252.90	249.80	374.00	350.80	
Wassergehalt [%]	25.78	25.70	17.97	16.68	

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ki

Datum: 11.12.2015

Prüfungsnummer: 03
 Entnahmestelle: BK2.3
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Probenbezeichnung:	BK2.3/1	BK2.3/2	BK2.3/3	BK2.3/4
Feuchte Probe + Behälter [g]:	520.50	451.90	1760.40	450.60
Trockene Probe + Behälter [g]:	457.10	406.50	1643.60	389.90
Behälter [g]:	106.90	109.60	615.00	119.70
Porenwasser [g]:	63.40	45.40	116.80	60.70
Trockene Probe [g]:	350.20	296.90	1028.60	270.20
Wassergehalt [%]	18.10	15.29	11.36	22.46

Probenbezeichnung:	BK2.3/5	BK2.3/6	BK2.3/7	BK2.3/8
Feuchte Probe + Behälter [g]:	464.90	572.50	442.80	662.90
Trockene Probe + Behälter [g]:	389.00	491.10	415.10	580.00
Behälter [g]:	120.30	101.70	106.50	106.70
Porenwasser [g]:	75.90	81.40	27.70	82.90
Trockene Probe [g]:	268.70	389.40	308.60	473.30
Wassergehalt [%]	28.25	20.90	8.98	17.52

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ki

Datum: 14.12.2015

Prüfungsnummer: 04
 Entnahmestelle: BK2.4
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Bi/Lo

Probenbezeichnung:	BK2.4/1	BK2.4/2	BK2.4/3	BK2.4/4
Feuchte Probe + Behälter [g]:	372.60	2338.70	393.10	406.30
Trockene Probe + Behälter [g]:	321.10	2083.90	356.90	376.20
Behälter [g]:	105.40	618.60	100.80	123.90
Porenwasser [g]:	51.50	254.80	36.20	30.10
Trockene Probe [g]:	215.70	1465.30	256.10	252.30
Wassergehalt [%]	23.88	17.39	14.14	11.93

Probenbezeichnung:	BK2.4/5	BK2.4/6	BK2.4/7	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	474.40	421.10	431.40	
Trockene Probe + Behälter [g]:	419.90	370.20	367.40	
Behälter [g]:	107.00	120.10	98.50	
Porenwasser [g]:	54.50	50.90	64.00	
Trockene Probe [g]:	312.90	250.10	268.90	
Wassergehalt [%]	17.42	20.35	23.80	

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ki

Datum: 14.12.2015

Prüfungsnummer: 05
 Entnahmestelle: BK2.5
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Bi/Lo

Probenbezeichnung:	BK2.5/1	BK2.5/2	BK2.5/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	455.40	461.30	495.40
Trockene Probe + Behälter [g]:	394.60	408.70	437.40
Behälter [g]:	101.30	99.80	101.80
Porenwasser [g]:	60.80	52.60	58.00
Trockene Probe [g]:	293.30	308.90	335.60
Wassergehalt [%]	20.73	17.03	17.28

Probenbezeichnung:	BK2.5/4	BK2.5/5	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	469.00	373.50	
Trockene Probe + Behälter [g]:	429.20	317.10	
Behälter [g]:	99.70	109.80	
Porenwasser [g]:	39.80	56.40	
Trockene Probe [g]:	329.50	207.30	
Wassergehalt [%]	12.08	27.21	

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ki

Datum: 14.12.2015

Prüfungsnummer: 06
 Entnahmestelle: BK2.6
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Bi/Lo

Probenbezeichnung:	BK2.6/1	BK2.6/2	BK2.6/3	BK2.6/4
Feuchte Probe + Behälter [g]:	434.90	409.40	416.80	531.40
Trockene Probe + Behälter [g]:	391.50	375.00	381.00	483.30
Behälter [g]:	120.30	109.60	96.80	118.10
Porenwasser [g]:	43.40	34.40	35.80	48.10
Trockene Probe [g]:	271.20	265.40	284.20	365.20
Wassergehalt [%]	16.00	12.96	12.60	13.17

Probenbezeichnung:	BK2.6/5	BK2.6/6	BK2.6/9	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	2013.10	426.10	415.70	
Trockene Probe + Behälter [g]:	1822.90	387.40	374.60	
Behälter [g]:	618.50	107.00	104.40	
Porenwasser [g]:	190.20	38.70	41.10	
Trockene Probe [g]:	1204.40	280.40	270.20	
Wassergehalt [%]	15.79	13.80	15.21	

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ge

Datum: 17.11.2015

Prüfungsnummer: 07
 Entnahmestelle: BS2.7, BS2.8, BS2.9
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 17.11.2015 durch Lo

Probenbezeichnung:	BS2.7/1	BS2.7/2	BS2.7/3	BS2.7/4	BS2.7/5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	427.50	428.80	461.80	457.70	405.10
Trockene Probe + Behälter [g]:	401.70	363.60	395.40	417.40	353.40
Behälter [g]:	103.20	104.40	110.10	99.70	107.00
Porenwasser [g]:	25.80	65.20	66.40	40.30	51.70
Trockene Probe [g]:	298.50	259.20	285.30	317.70	246.40
Wassergehalt [%]	8.64	25.15	23.27	12.68	20.98

Probenbezeichnung:	BS2.7/6	BS2.7/7	BS2.8/1	BS2.8/2	BS2.8/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	463.00	428.90	371.70	433.80	391.20
Trockene Probe + Behälter [g]:	409.70	375.80	322.90	379.40	336.90
Behälter [g]:	108.40	106.40	119.80	120.40	109.60
Porenwasser [g]:	53.30	53.10	48.80	54.40	54.30
Trockene Probe [g]:	301.30	269.40	203.10	259.00	227.30
Wassergehalt [%]	17.69	19.71	24.03	21.00	23.89

Probenbezeichnung:	BS2.9/1	BS2.9/2	BS2.9/3		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	423.90	353.70	465.90		
Trockene Probe + Behälter [g]:	381.60	303.10	404.90		
Behälter [g]:	98.50	118.00	120.20		
Porenwasser [g]:	42.30	50.60	61.00		
Trockene Probe [g]:	283.10	185.10	284.70		
Wassergehalt [%]	14.94	27.34	21.43		

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Hochwasserrückhaltebecken
 Prevorster Tal

Bearbeiter: Frä.

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer: 2.1/3

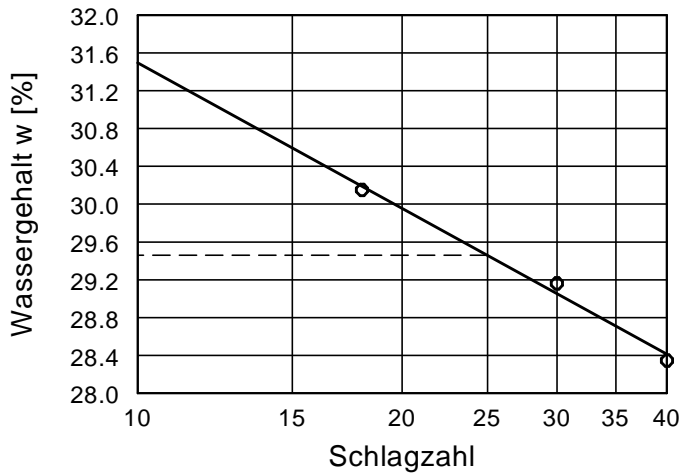
Entnahmestelle: BK 2.1

Tiefe: 4,00 - 5,30 m

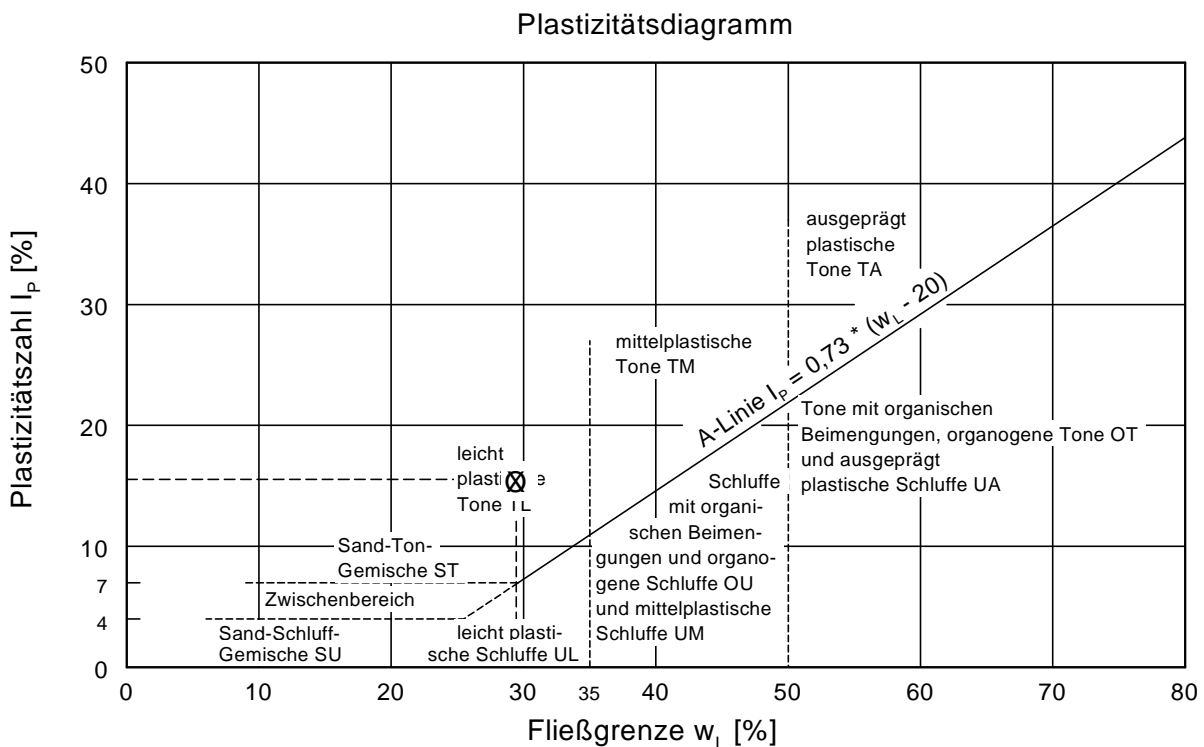
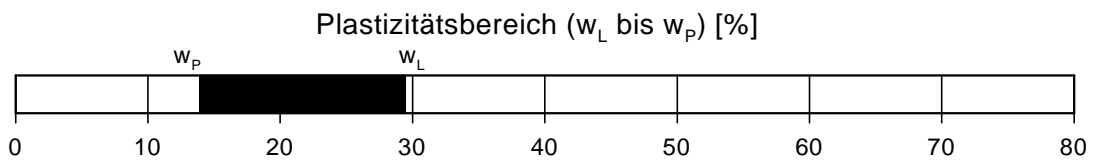
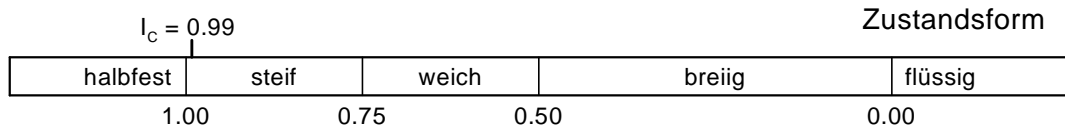
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TL/ST

Probe entnommen am: 08.12.2016 durch Lo



Wassergehalt $w = 14.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 13.9 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 15.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.99$



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Hochwasserrückhaltebecken
 Prevorster Tal

Bearbeiter: Frä.

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer: 2.2/1

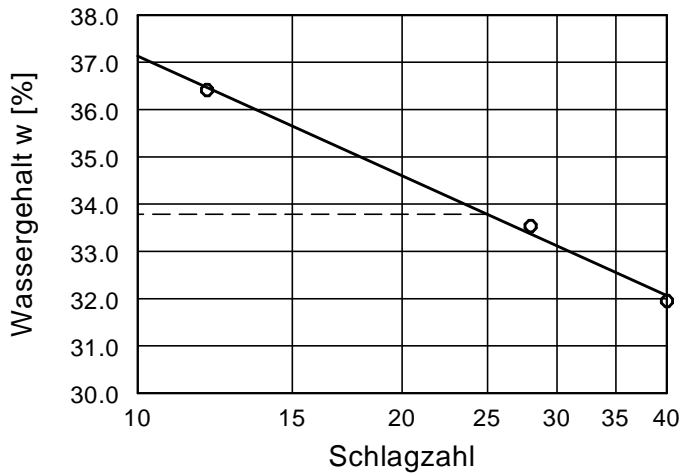
Entnahmestelle: BK 2.2

Tiefe: 0,30 - 0,80 m

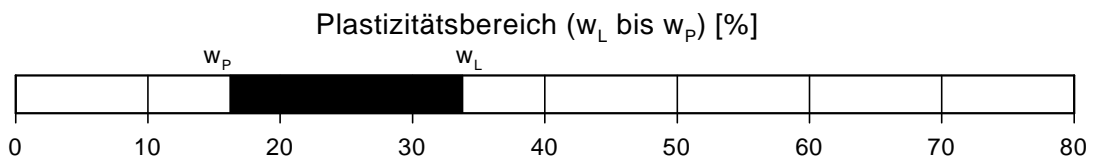
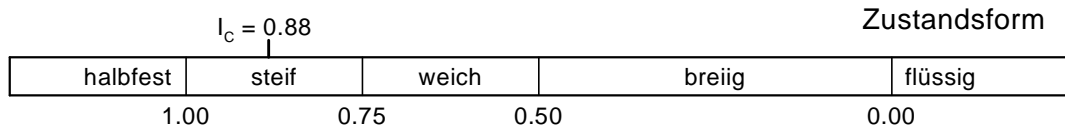
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TL

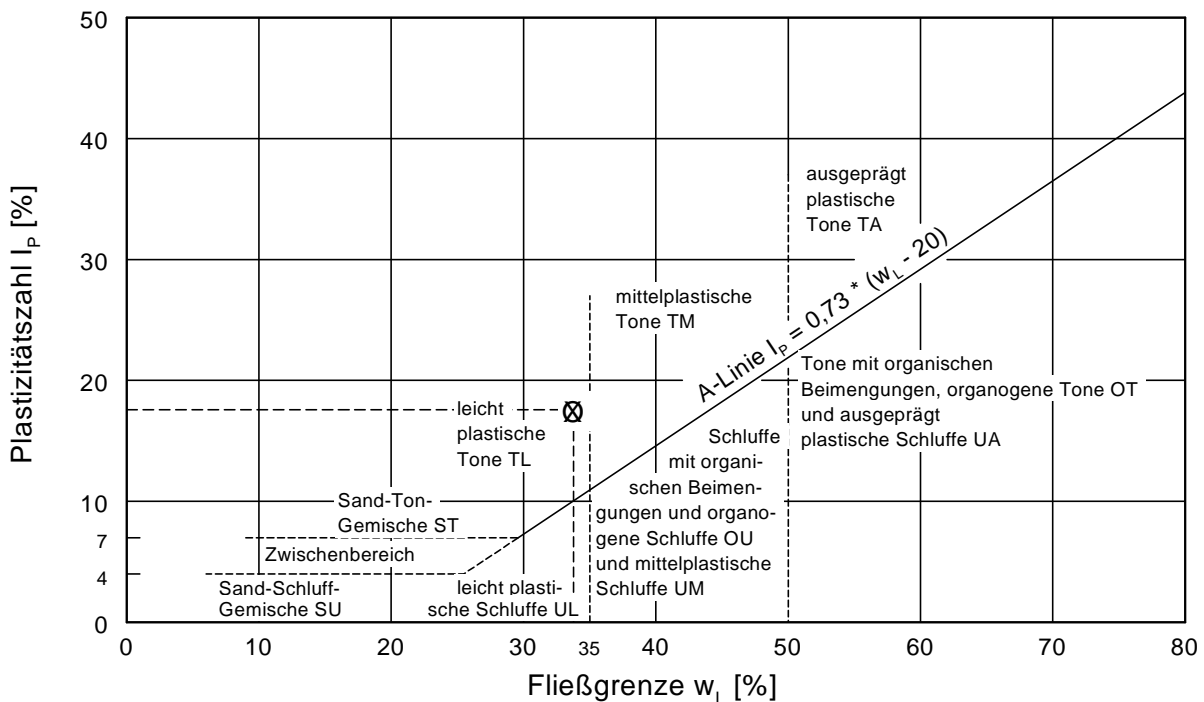
Probe entnommen am: 08.12.2015 durch Lo



Wassergehalt $w = 18.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 33.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 16.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 17.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.88$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Hochwasserrückhaltebecken
 Prevorster Tal

Bearbeiter: Frä.

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer: 2.2/2

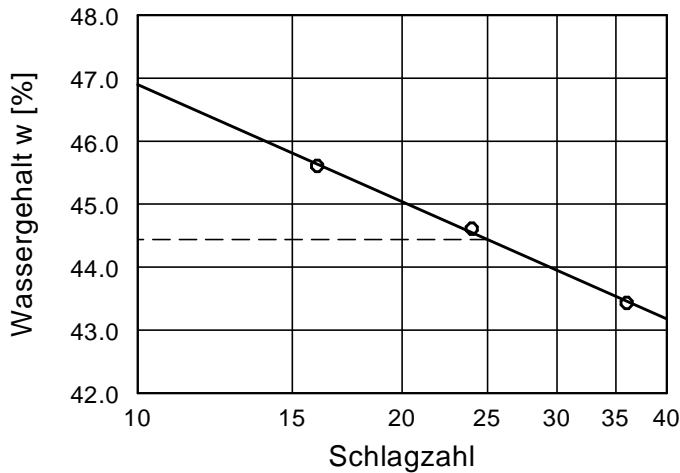
Entnahmestelle: BK 2.2

Tiefe: 0,80 - 1,80 m

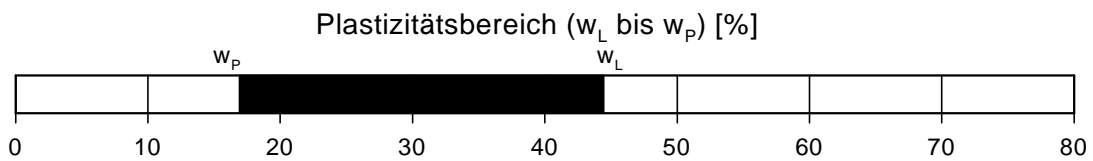
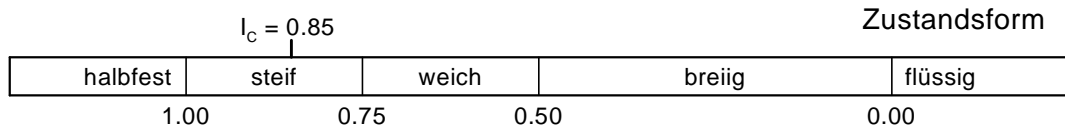
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TM

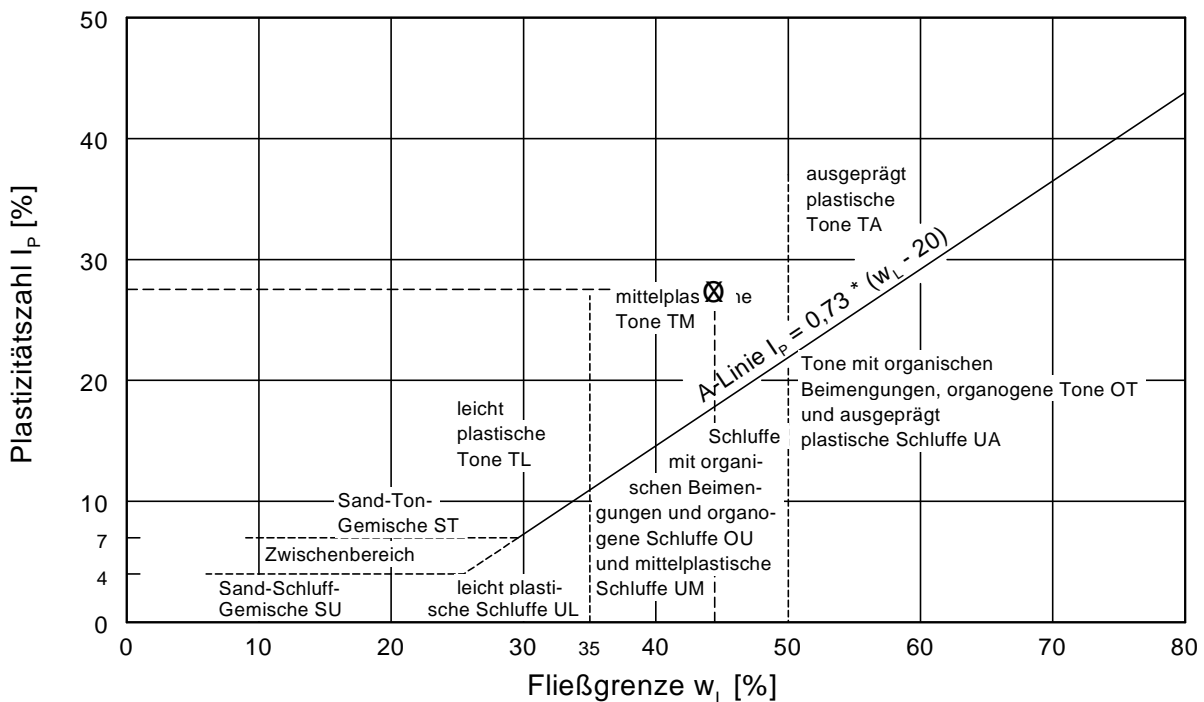
Probe entnommen am: 08.12.2015 durch Lo



Wassergehalt $w = 21.0 \%$
 Fließgrenze $w_L = 44.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 16.9 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 27.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.85$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Hochwasserrückhaltebecken
 Prevorster Tal

Bearbeiter: Frä.

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer: 2.2/9

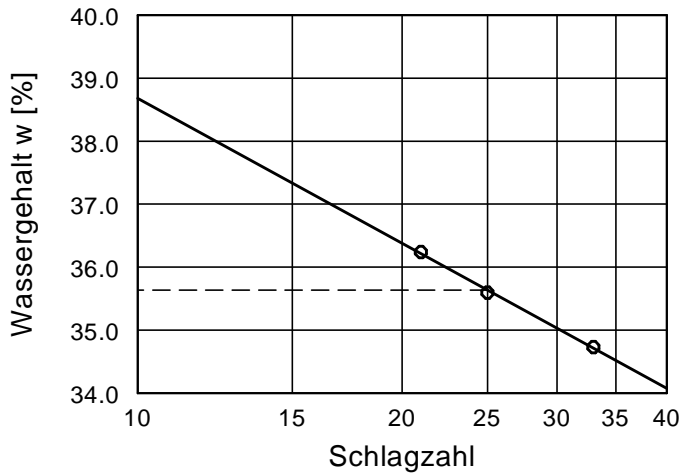
Entnahmestelle: BK 2.2

Tiefe: 7,0 - 8,0 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TL 7 TM

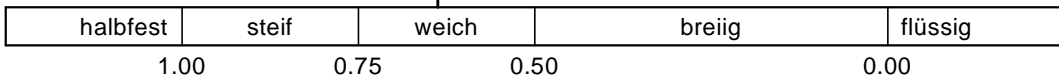
Probe entnommen am: 08.12.2015 durch Lo



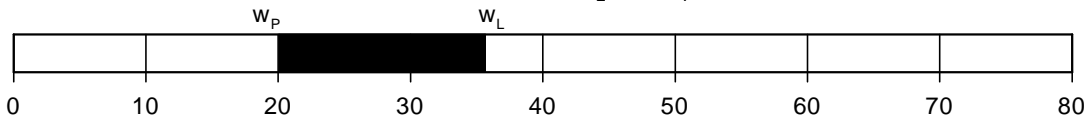
Wassergehalt $w = 25.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 35.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 20.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 15.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.64$

Zustandsform

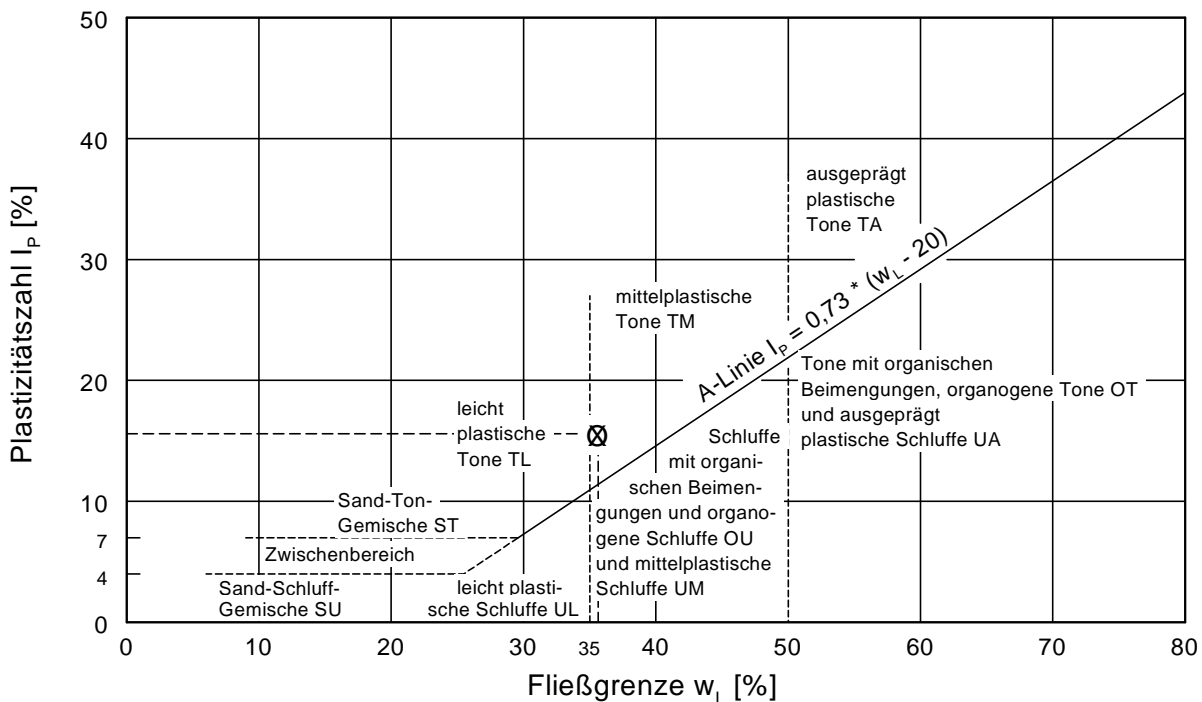
$I_C = 0.64$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Hochwasserrückhaltebecken
 Prevorster Tal

Bearbeiter: Frä.

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer: 2.3/5

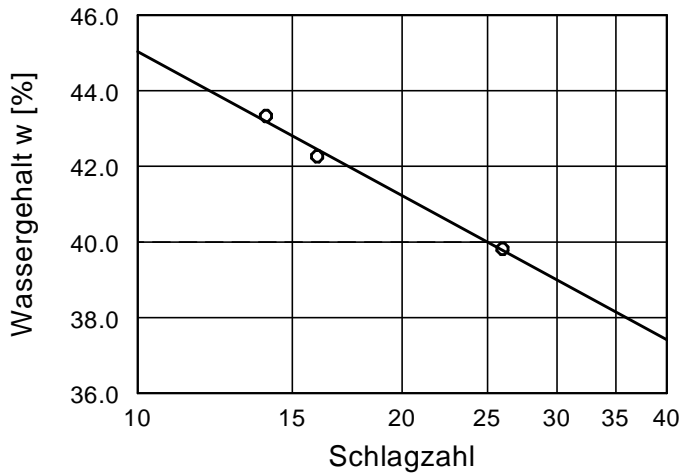
Entnahmestelle: BK 2.3

Tiefe: 7,0 - 8,0 m

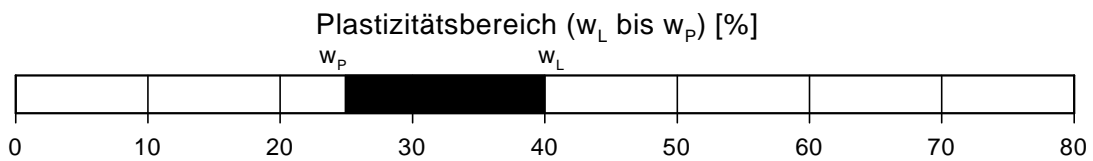
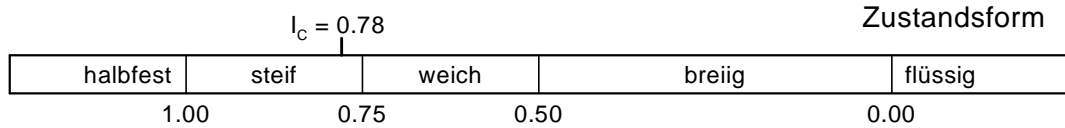
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TM

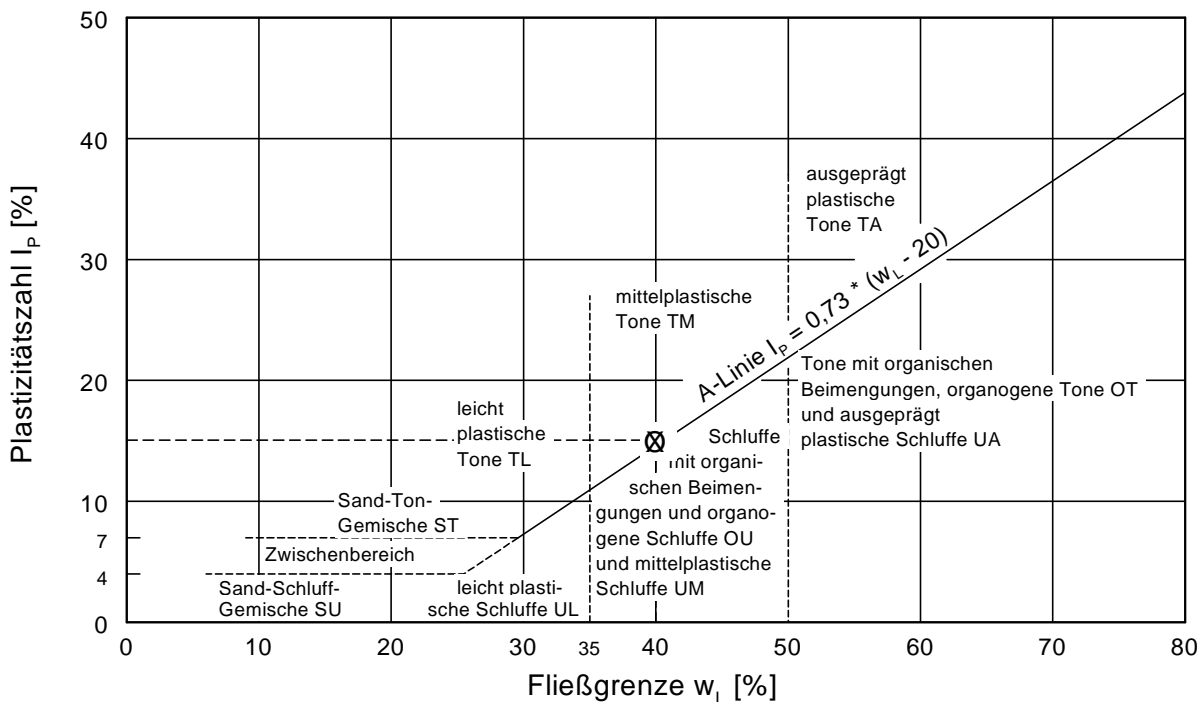
Probe entnommen am: 08.12.2015 durch Lo



Wassergehalt $w = 28.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 40.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 24.9 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 15.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.78$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ge

Datum: 26.01.2016

Prüfungsnummer: 2.4/1

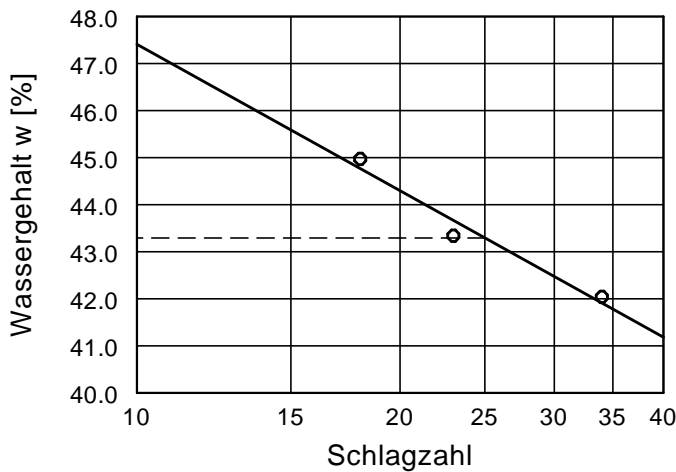
Entnahmestelle: BK 2.4

Tiefe: 0,40 - 1,50 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TM

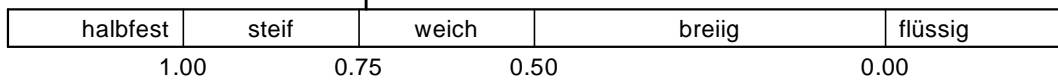
Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Lo



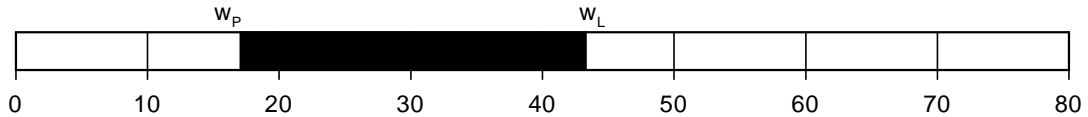
Wassergehalt $w = 23.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 43.3 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 17.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 26.2 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.74$

Zustandsform

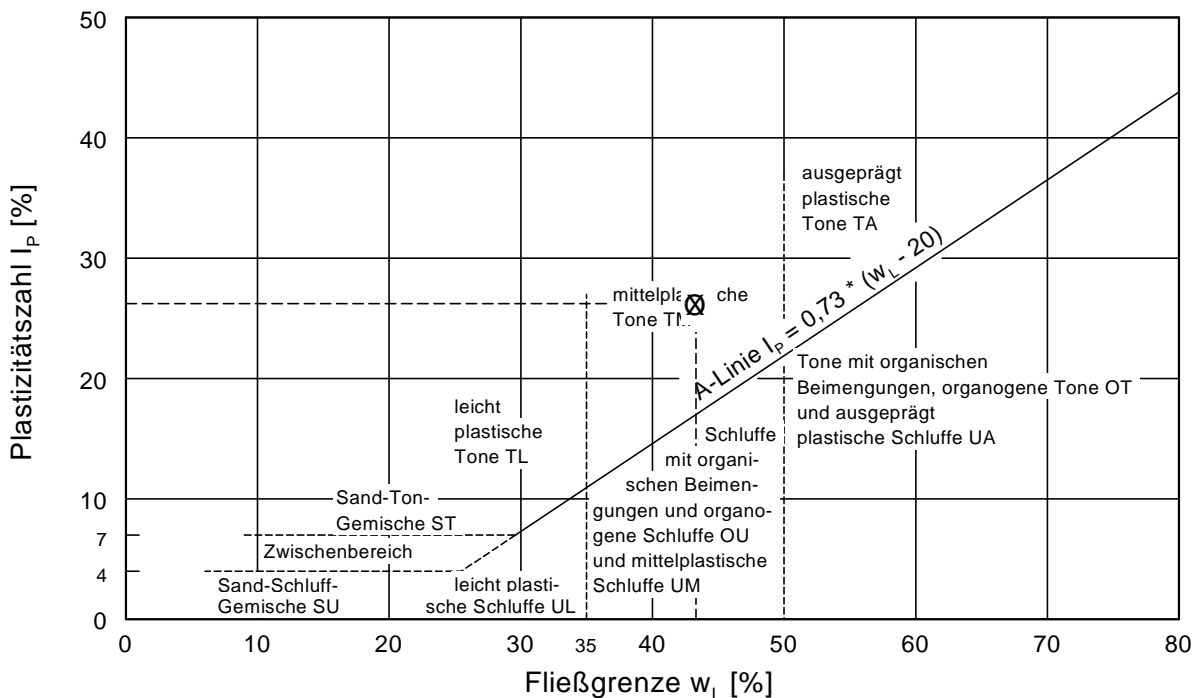
$I_C = 0.74$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ge

Datum: 26.01.2016

Prüfungsnummer: 2.4/6

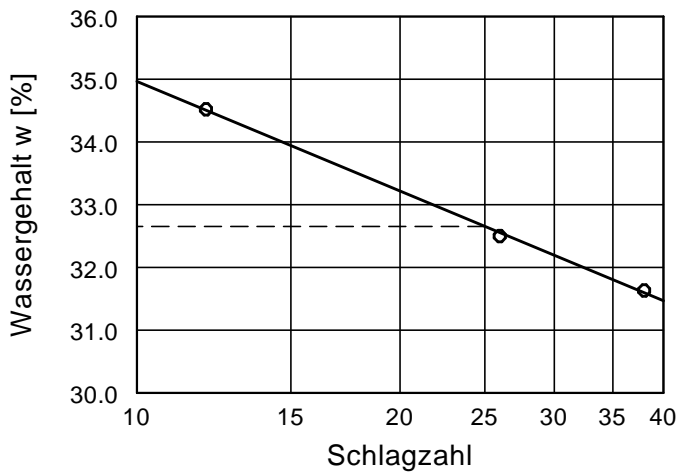
Entnahmestelle: BK 2.4

Tiefe: 7,30 - 9,00 m

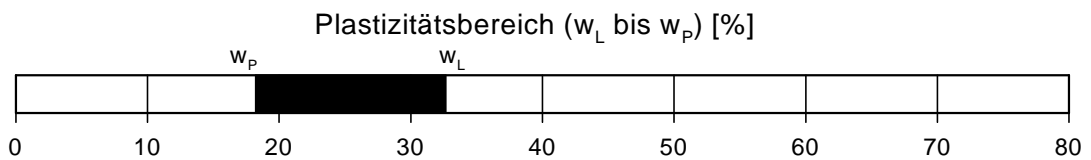
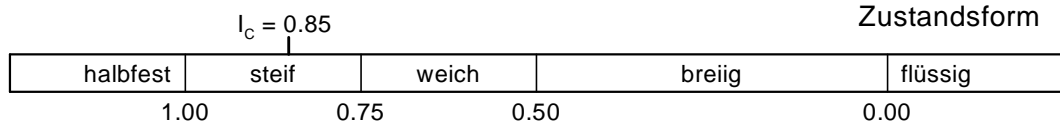
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TL

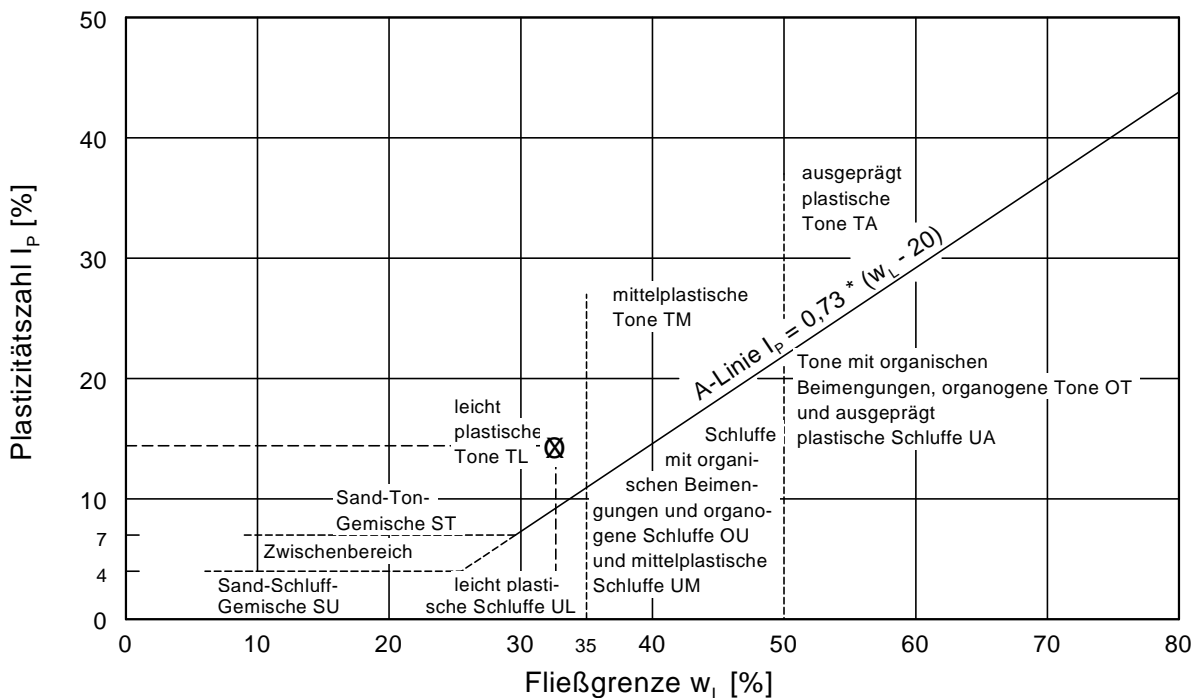
Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Lo



Wassergehalt $w = 20.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 18.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 14.5$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.85$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: Ge

Datum: 26.01.2016

Prüfungsnummer: 2.5/2

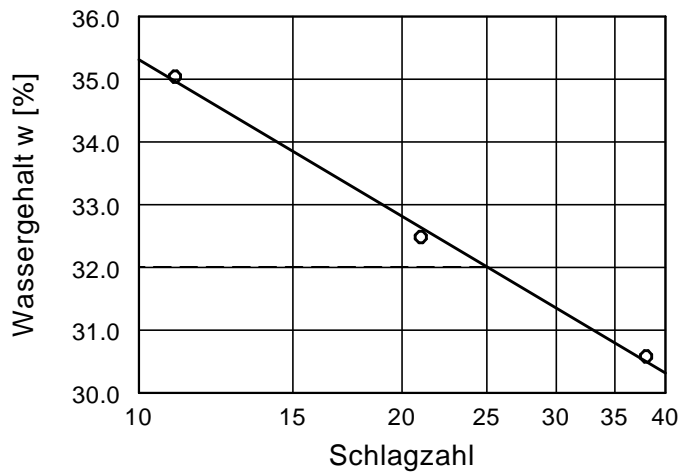
Entnahmestelle: BK 2.5

Tiefe: 1,6 - 3,5 m

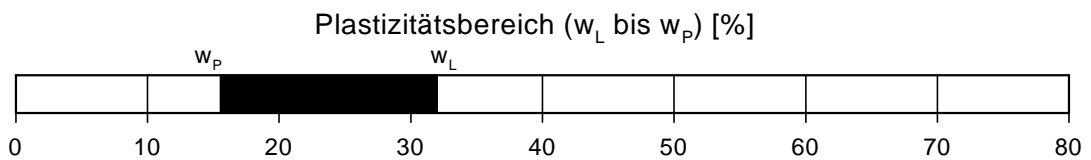
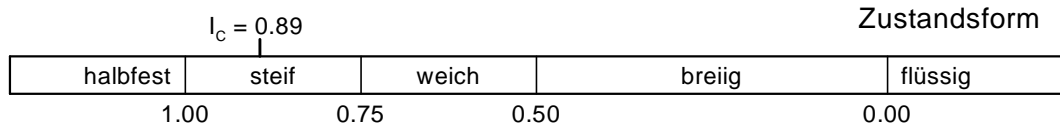
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TL

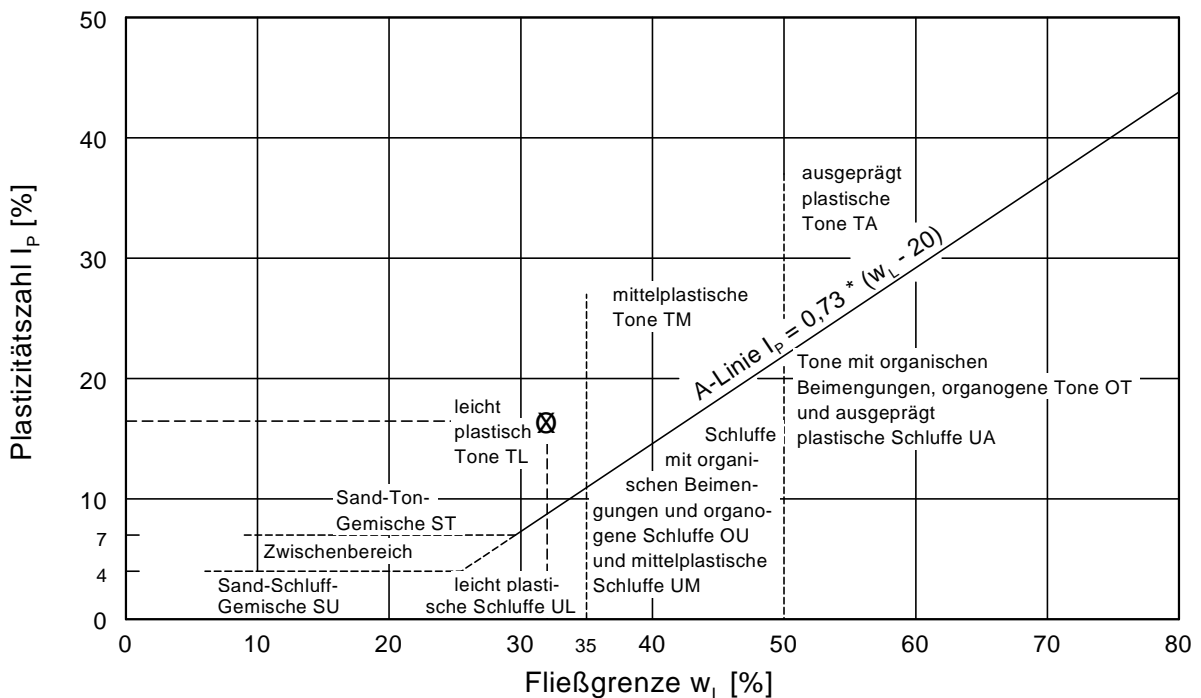
Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Ge



Wassergehalt $w = 17.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 15.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 16.4$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.89$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB Prevorster Tal

Bearbeiter: 18.11.2015

Datum: Ge

Prüfungsnummer: 2.7/4

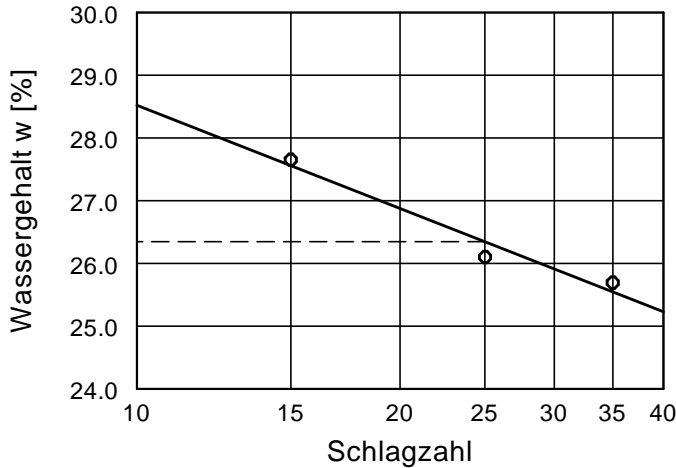
Entnahmestelle: BS 2.7

Tiefe: 3,00 - 4,50 m

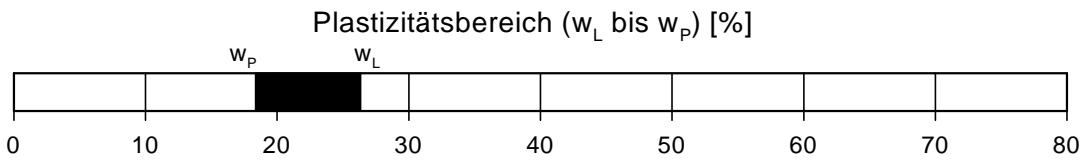
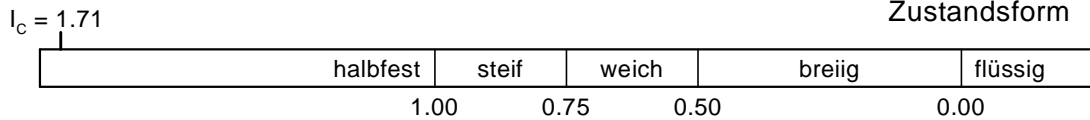
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: ST

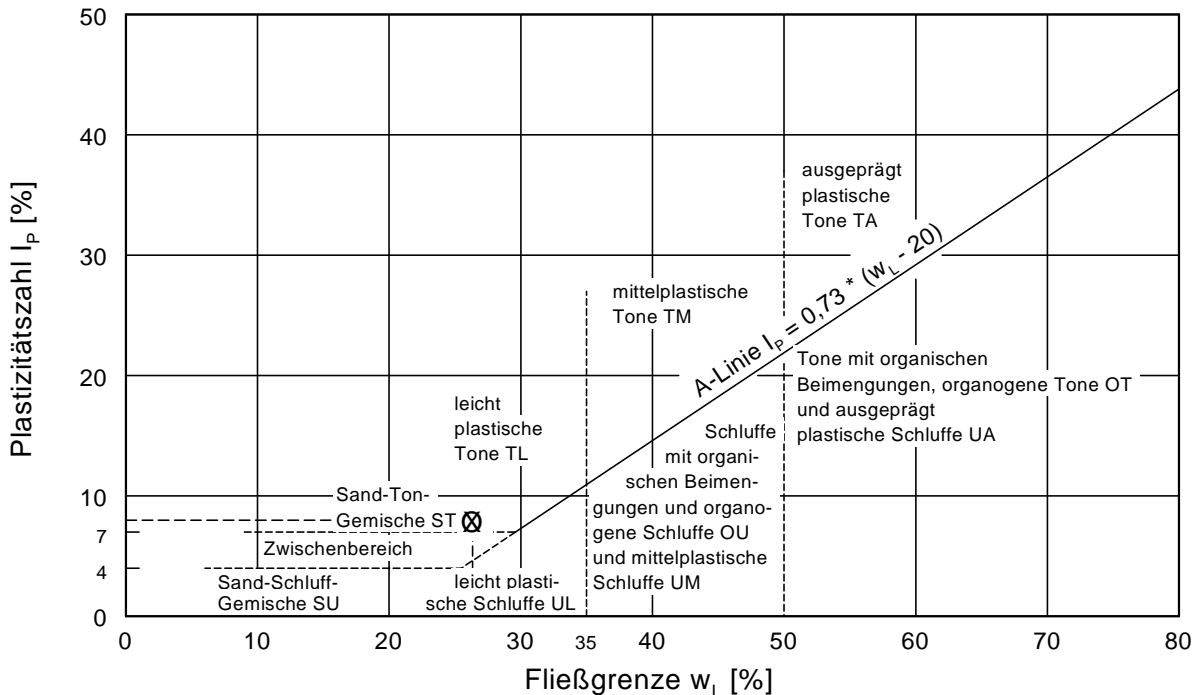
Probe entnommen am: 12.11.2015 durch Lo



Wassergehalt w =	12.7 %
Fließgrenze w_L =	26.3 %
Ausrollgrenze w_p =	18.4 %
Plastizitätszahl I_p =	7.9 %
Konsistenzzahl I_C =	1.71



Plastizitätsdiagramm



GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen

Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 16.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

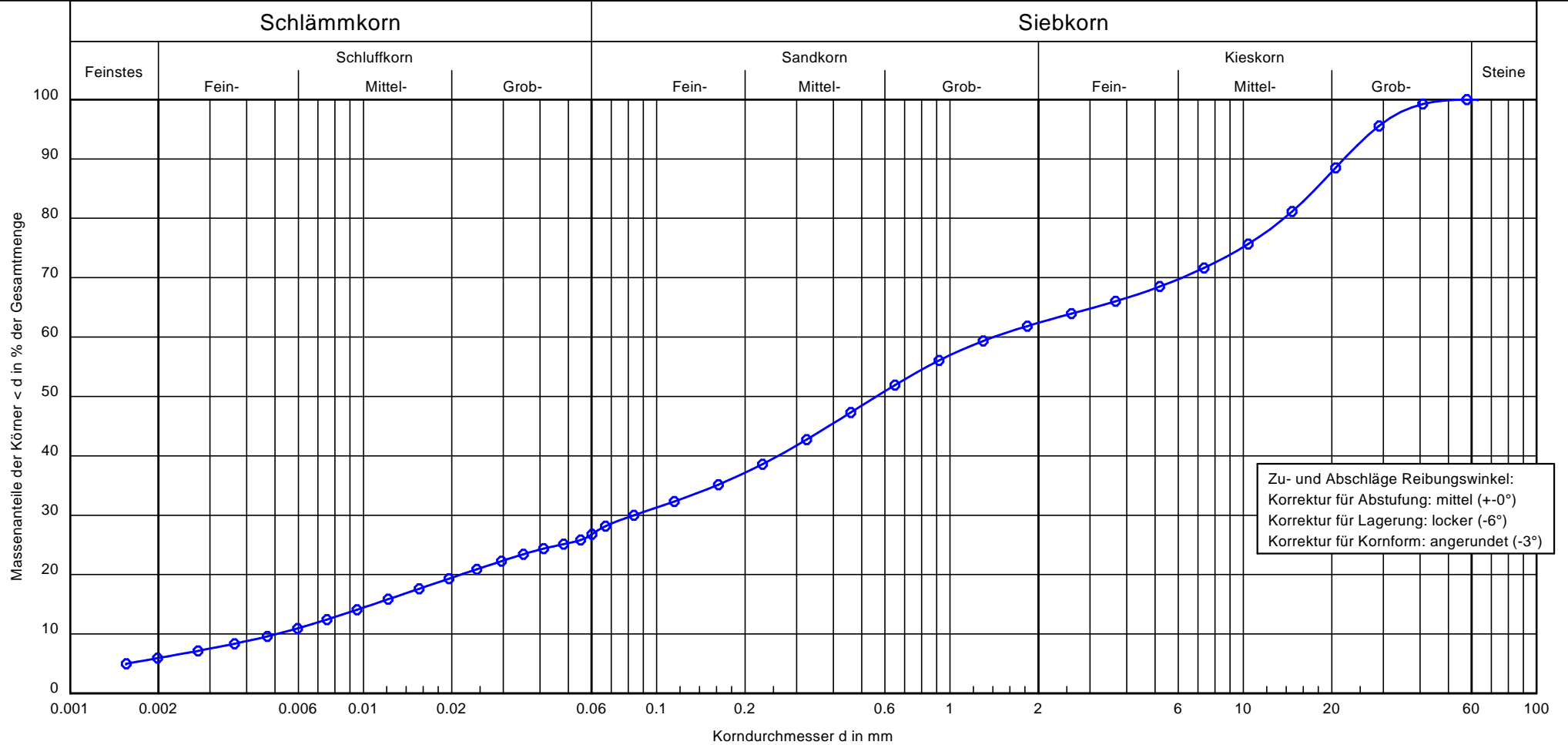
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.2/3

Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.2/3
Bodenart:	G, u, t', fs', ms', gs'
Tiefe:	1.80 - 2.60 m
k [m/s] (USB):	$5.3 \cdot 10^{-7}$
Entnahmestelle:	BK 2.2
U/Cc	277.9/1.0
Reibungswinkel nach Lang/Huder	26.3
Bodengruppe DIN 18196	SU*

Bemerkungen:

Bericht: 12208
 Anlage: 3.3.1

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen

Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 15.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

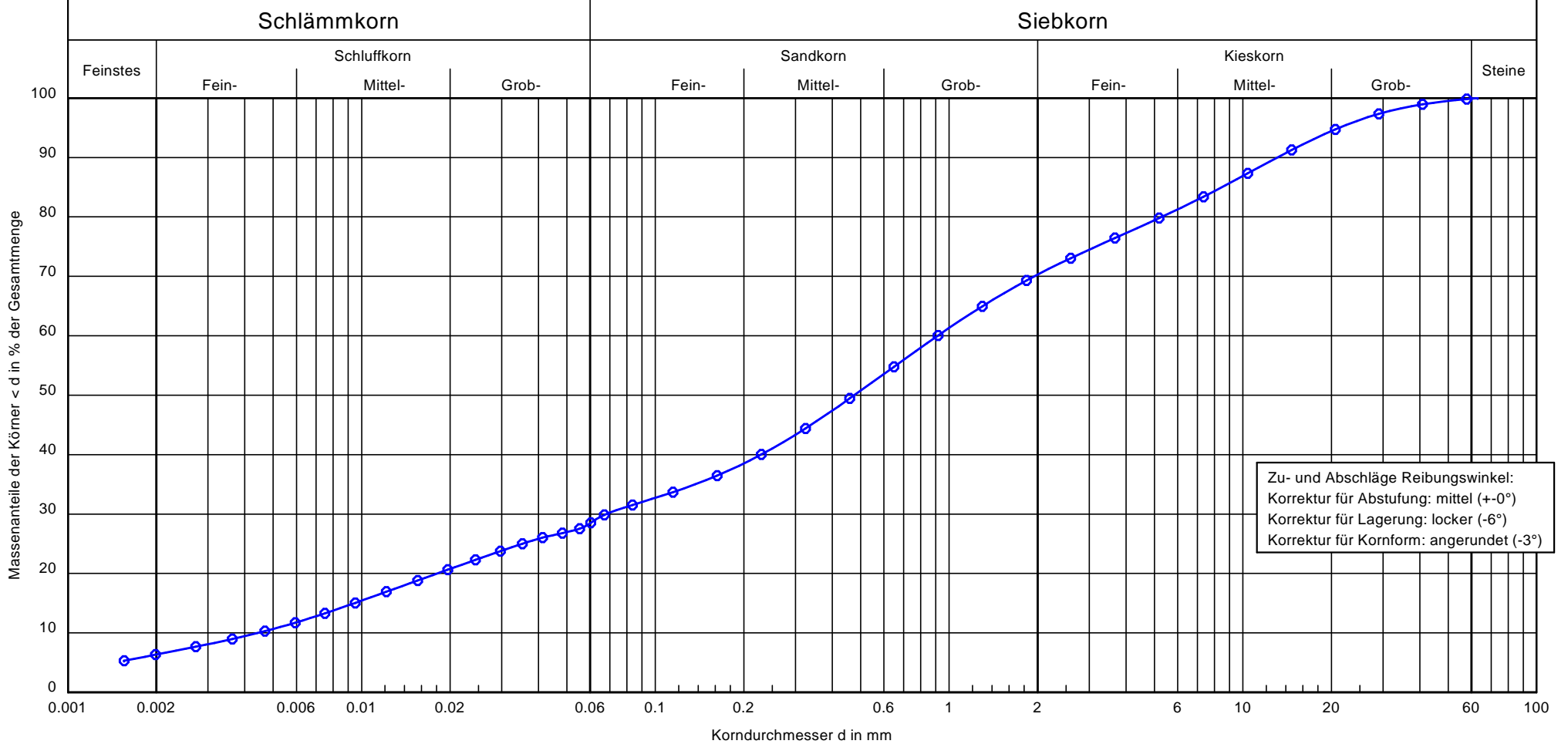
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.2/4 + 2.2/5 + 2.2/6

Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.2/4 + 2.2/5 + 2.2/6
Bodenart:	S, u, t', fg', mg', gg'
Tiefe:	2.60 - 5.00 m
k [m/s] (USBR):	$3.5 \cdot 10^{-7}$
Entnahmestelle:	BK 2.2
U/Cc	205.8/1.1
Reibungswinkel nach Lang/Huder	26.0
Bodengruppe DIN 18196	SU*

Bemerkungen:

Bericht: 12208
 Anlage: 3.3.2

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen
Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 15.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

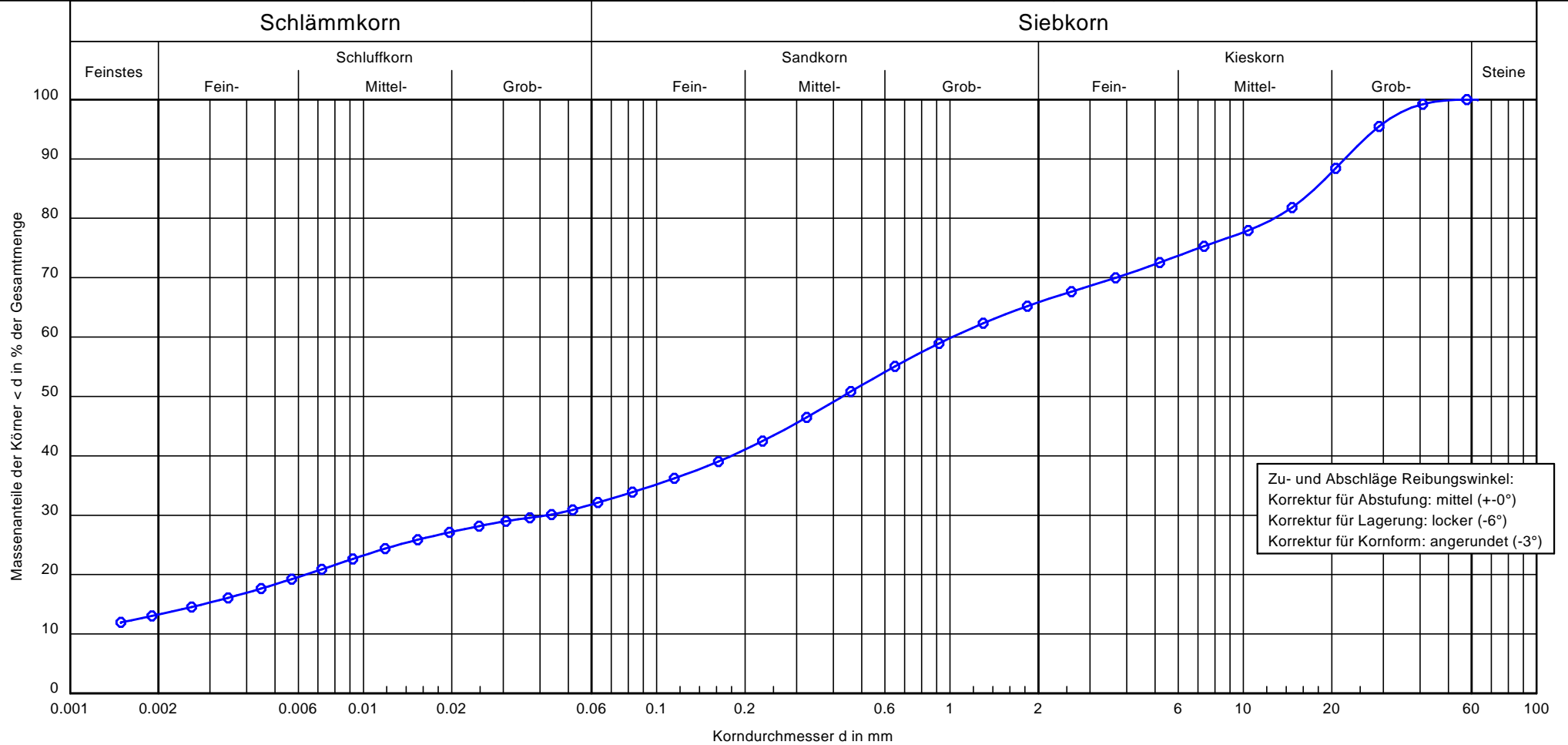
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.3/3

Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.3/3
Bodenart:	G, u, t', fs', ms', gs'
Tiefe:	3.00 - 5.00 m
k [m/s] (USB):	-
Entnahmestelle:	BK 2.3
U/Cc	-/-
Reibungswinkel nach Lang/Huder	24.4
Bodengruppe DIN 18196	SU*

Bemerkungen:

Bericht: 12208
 Anlage: 3.3.3

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen

Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 17.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

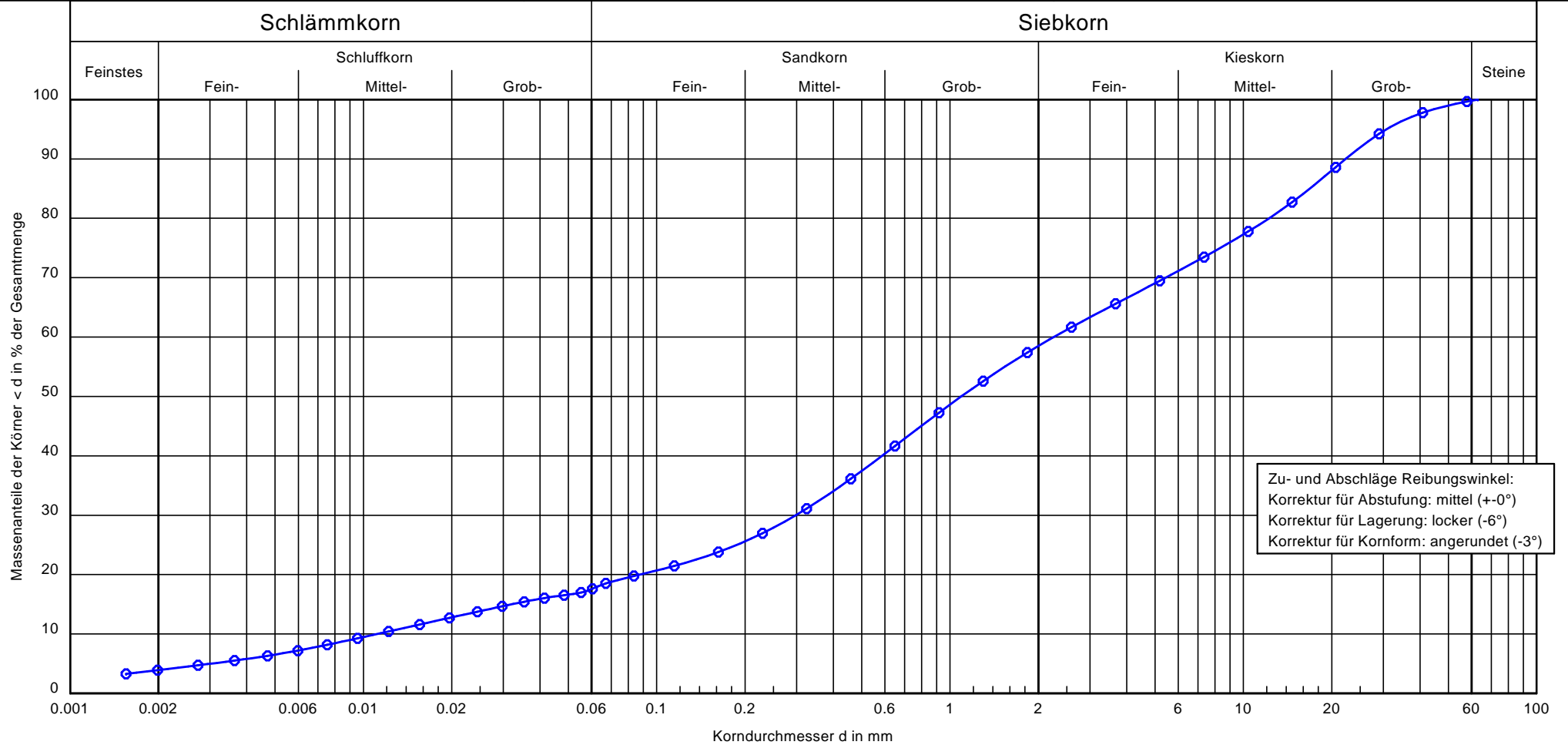
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.4/2

Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.4/2
Bodenart:	S, G, u'
Tiefe:	2.60 - 5.00 m
k [m/s] (USBR):	-
Entnahmestelle:	BK 2.4
U/Cc	202.6/3.5
Reibungswinkel nach Lang/Huder	27.8
Bodengruppe DIN 18196	GU*

Bemerkungen:

Bericht: 12208
 Anlage: 2.3.4

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen

Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 15.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

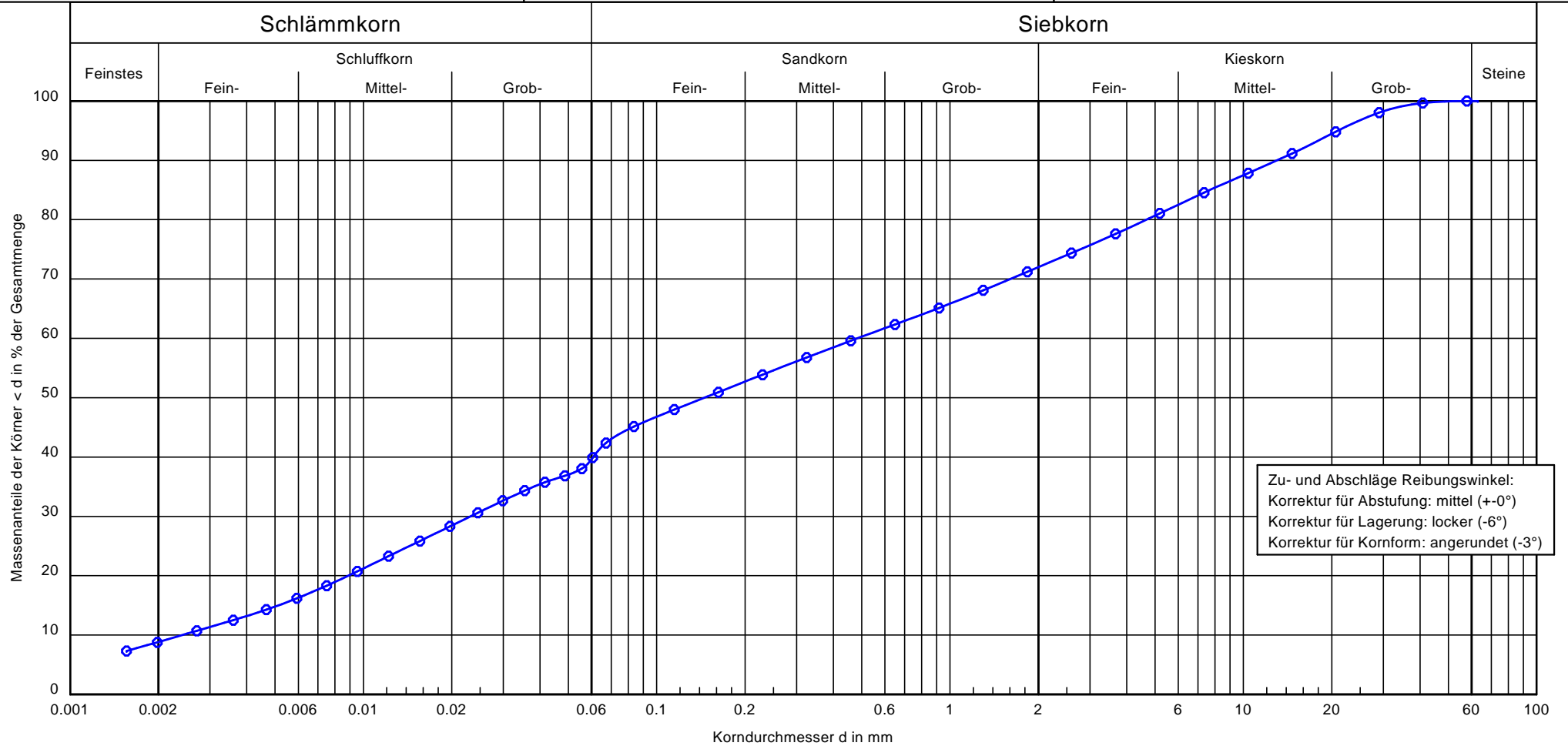
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.6/5

Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.6/5
Bodenart:	S, u, t', fg', mg', gg'
Tiefe:	8.00 - 10.00 m
k [m/s] (USBR):	6.9 · 10 ⁻⁸
Entnahmestelle:	BK 2.6
U/Cc	200.0/0.5
Reibungswinkel nach Lang/Huder	24.2
Bodengruppe DIN 18196	SU*

Bemerkungen:

Bericht: 12208
 Anlage: 3.3.5

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen
Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 17.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

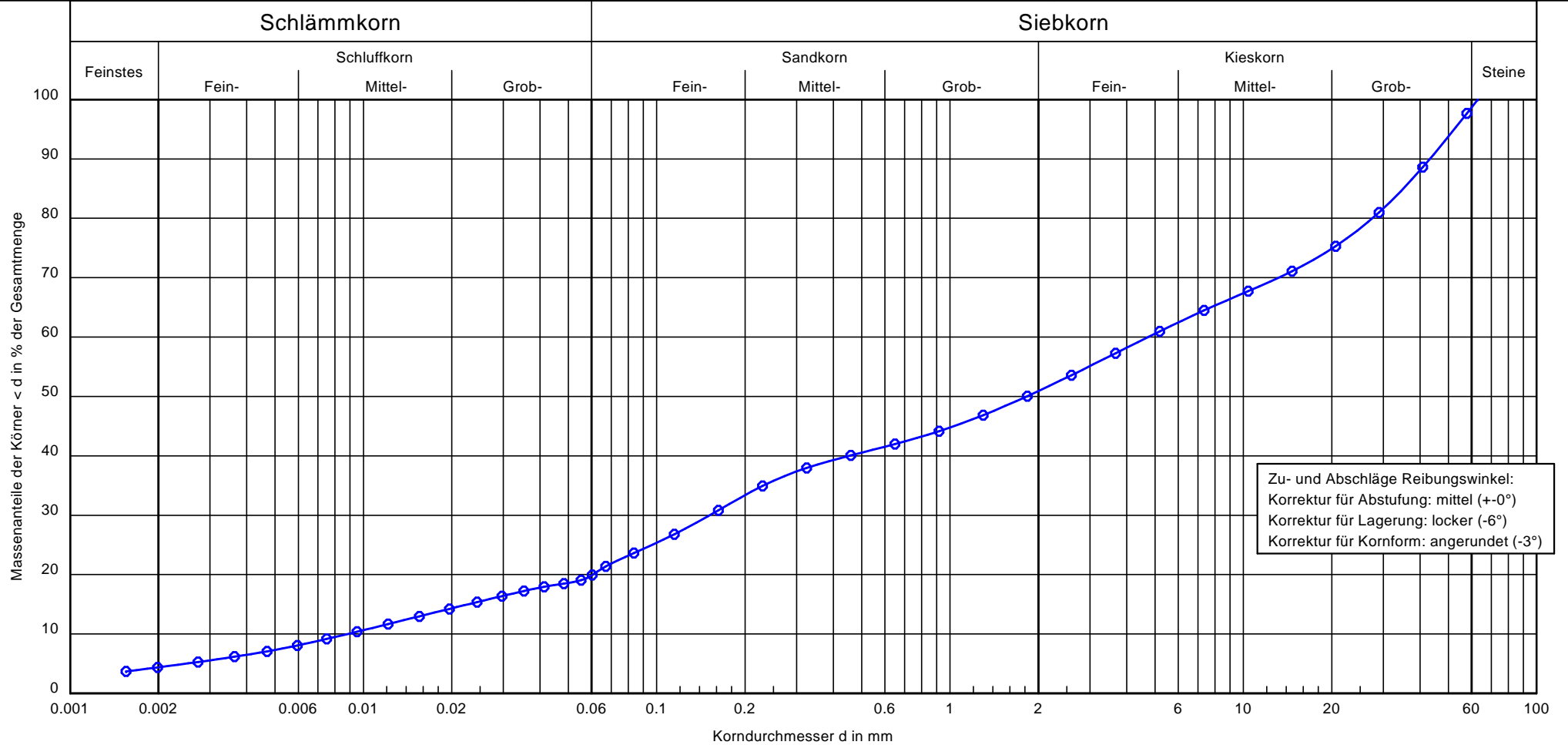
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.6/8

Probe entnommen am: 10.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.6/8
Bodenart:	G, u, fs', ms', gs'
Tiefe:	13.00 - 14.50 m
k [m/s] (USBR):	-
Entnahmestelle:	BK 2.6
U/Cc	534.9/0.5
Reibungswinkel nach Lang/Huder	27.1
Bodengruppe DIN 18196	GU*

Bemerkungen:

Bericht: 12208
 Anlage: 3.3.6

GEOTECHNIK AALEN

Robert-Bosch-Straße 59
73431 Aalen

Tel. 07361-94060 Fax. 07361-940610

Bearbeiter: Ki

Datum: 16.12.2015

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4

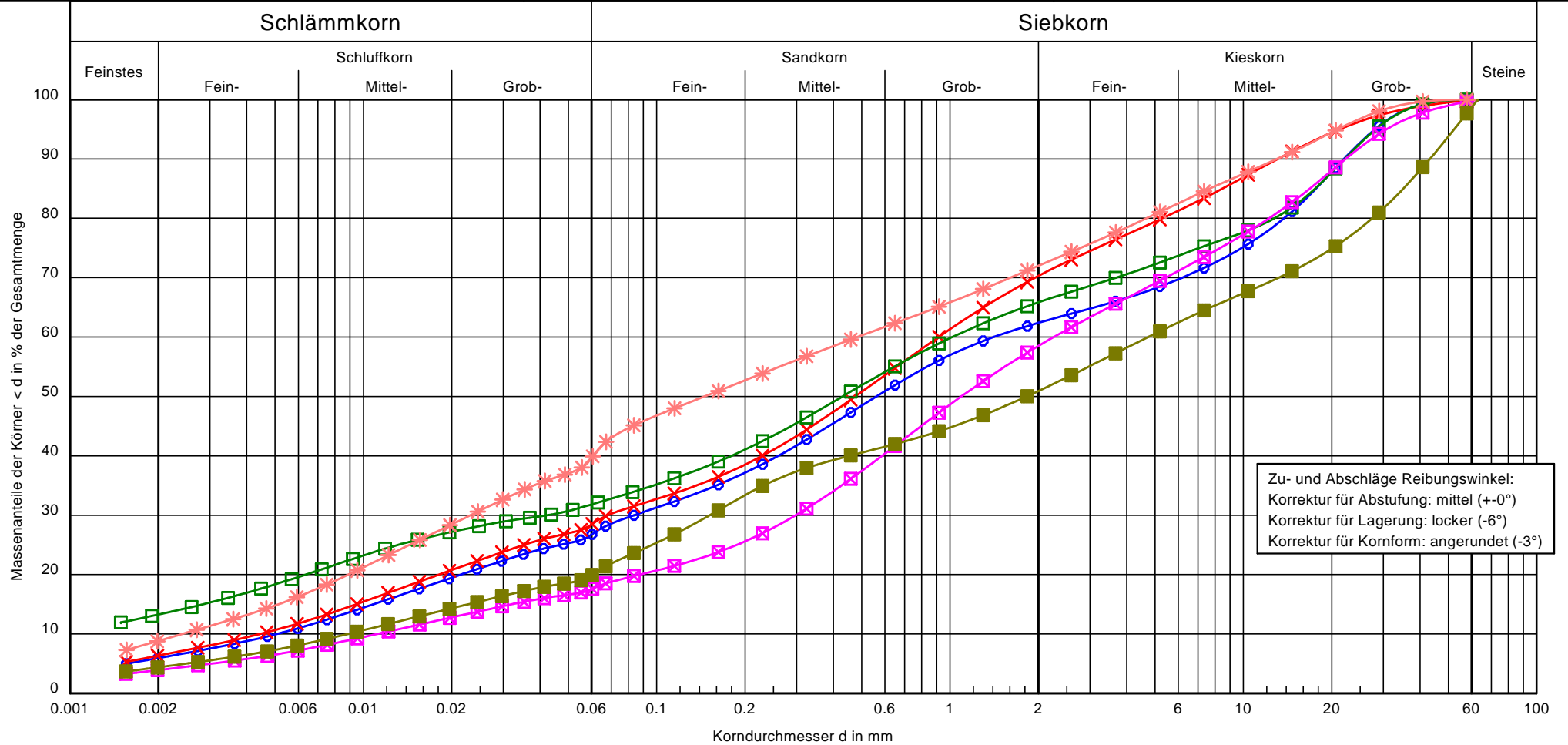
HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: 2.2/3, 2.2/4+5+6, 2.3/3

Probe entnommen am: 02.12.2015 durch Bi/Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	2.2/3	2.2/4 + 2.2/5 + 2.2/6	2.3/3	2.4/2	2.6/5	2.6/8
Bodenart:	G, u, t', fs', ms', gs'	S, u, t', fg', mg', gg'	G, u, t', fs', ms', gs'	S, G, u'	S, u, t', fg', mg', gg'	G, u, fs', ms', gs'
Tiefe:	1.80 - 2.60 m	2.60 - 5.00 m	3.00 - 5.00 m	2.60 - 5.00 m	8.00 - 10.00 m	13.00 - 14.50 m
k [m/s] (USBR):	$5.3 \cdot 10^{-7}$	$3.5 \cdot 10^{-7}$	-	-	$6.9 \cdot 10^{-8}$	-
Entnahmestelle:	BK 2.2	BK 2.2	BK 2.3	BK 2.4	BK 2.6	BK 2.6
U/Cc	277.9/1.0	205.8/1.1	-/-	202.6/3.5	200.0/0.5	534.9/0.5
Reibungswinkel nach Lang/Huder	26.3	26.0	24.4	27.8	24.2	27.1
Bodengruppe DIN 18196	SU*	SU*	SU*	GU*	SU*	GU*

Bemerkungen:

Bericht:
12208
Anlage:
3.3.7

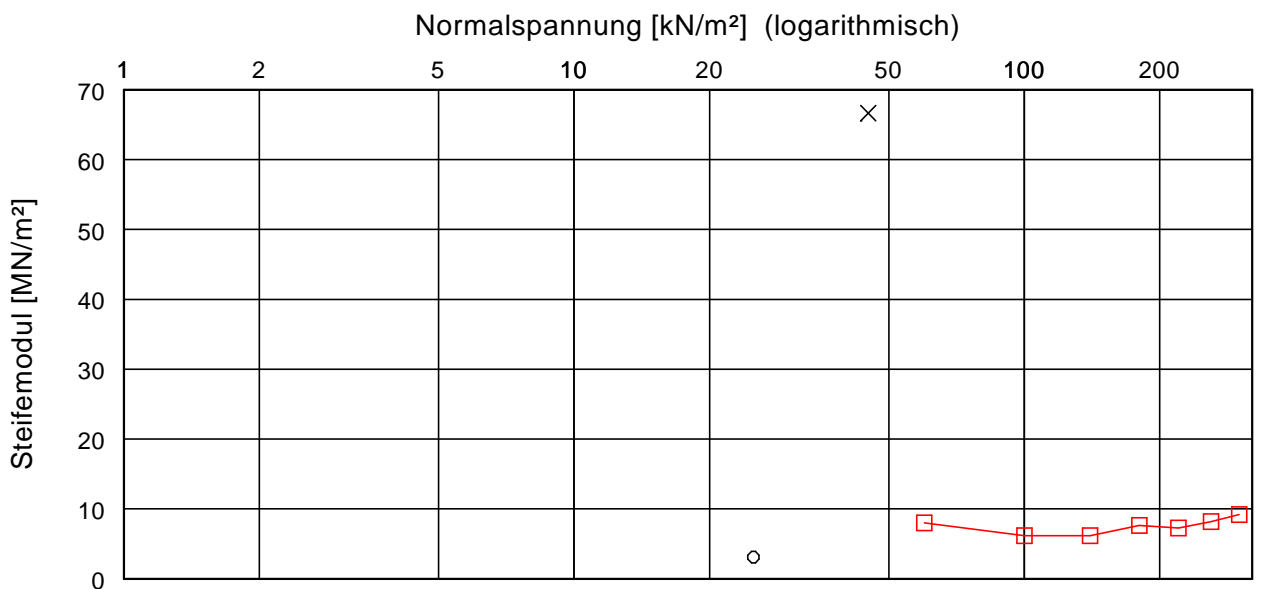
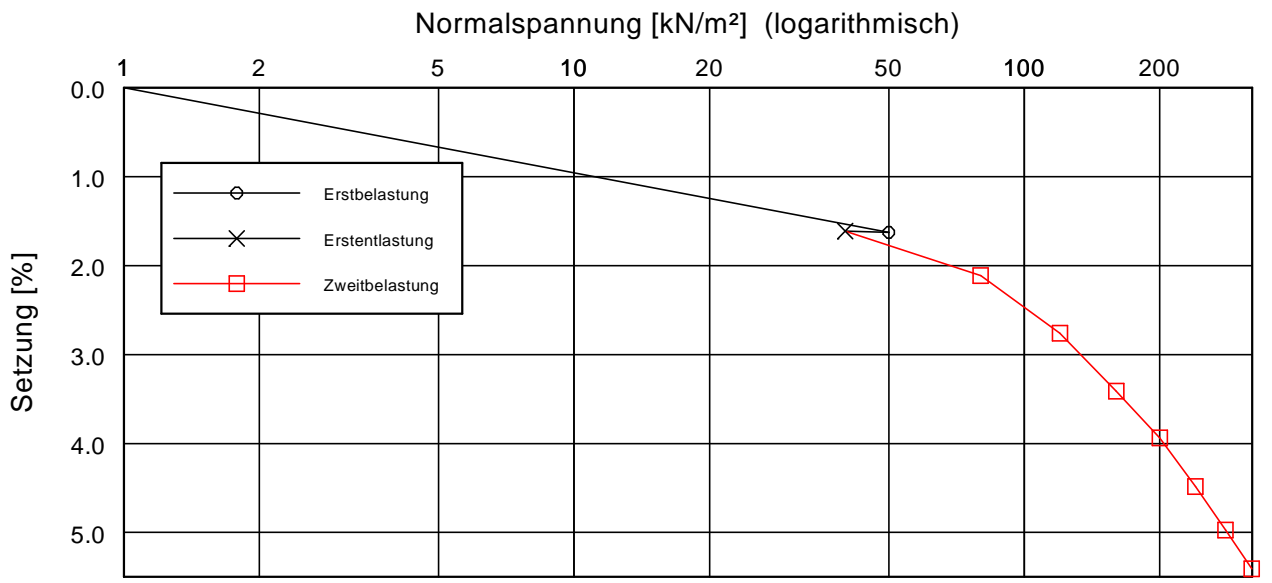
Druck-Setzungs-Versuch nach DIN EN ISO 17892-5

HRB Prevorster Tal

Prüfungsnummer: BK 2.1/1
 Entnahmestelle: BK 2.1
 Tiefe: 0,40 - 2,10 m
 Bodenart: TM/TA, s
 Art der Entnahme: ungestört
 Probe entnommen am: 08.12.2015 durchn Lo

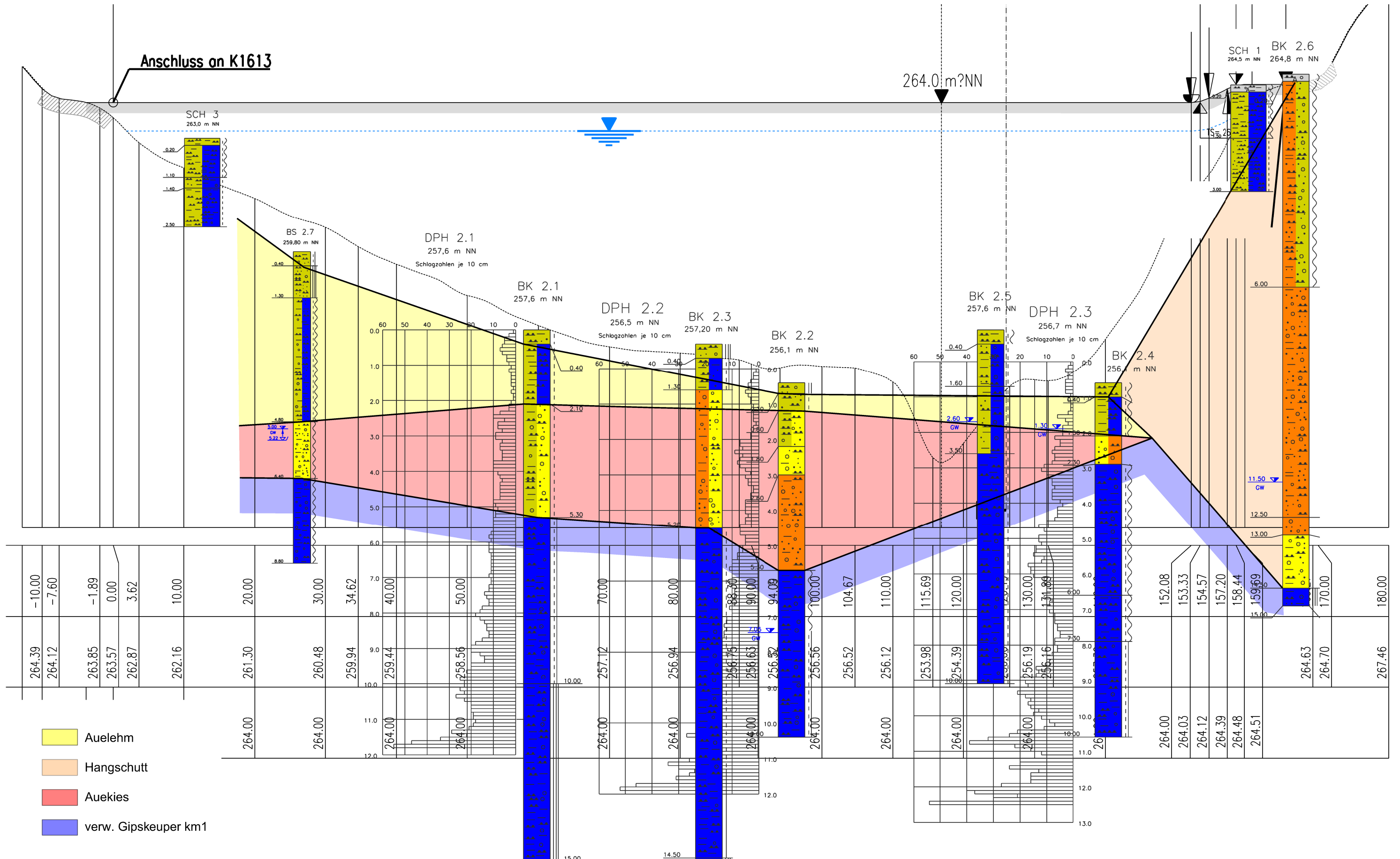
Bearbeiter: Rau

Datum: 03.02.2016

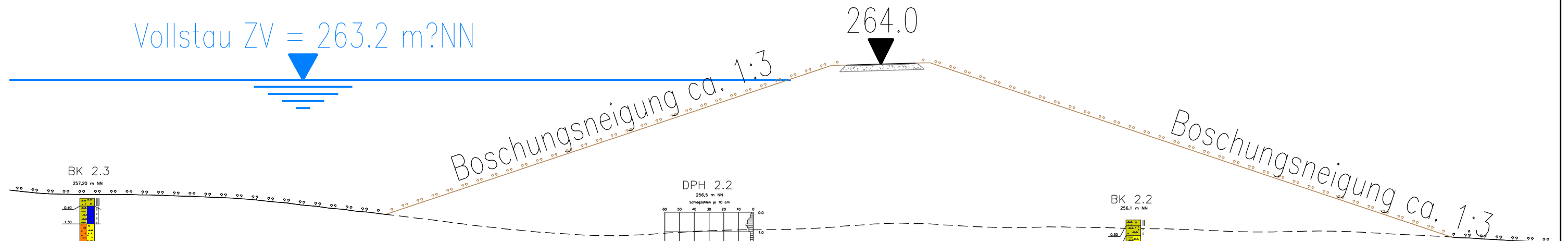


Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	50.0	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0	240.0	280.0	320.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.325	0.322	0.422	0.552	0.682	0.787	0.897	0.995	1.082
Steifemodul [MN/m ²]		3.1	66.7	8.0	6.2	6.2	7.6	7.3	8.2	9.2

Einbauhöhe [mm] = 20.000	w (vorher) [%] = 22,62
Probendurchmesser [mm] = 71,4	w (nachher [%] = -



Vollstau ZV = 263.2 m?NN



BK 2.3

257.20 m NN

0.00

1.30

5.30

15.30

15.80

16.30

16.80

17.30

17.80

18.30

18.80

19.30

19.80

20.30

20.80

21.30

21.80

22.30

22.80

23.30

23.80

24.30

24.80

25.30

25.80

26.30

26.80

27.30

27.80

28.30

28.80

29.30

29.80

30.30

30.80

31.30

31.80

32.30

32.80

33.30

33.80

34.30

DPH 2.2

256.5 m NN

Schnitten je 10 cm

0.0

1.0

2.0

3.0

4.0

5.0

6.0

7.0

8.0

9.0

10.0

11.0

12.0

13.0

14.0

15.0

16.0

17.0

18.0

19.0

20.0

21.0

22.0

23.0

24.0

25.0

26.0

27.0

28.0

29.0

30.0

31.0

32.0

33.0

34.0

35.0

36.0

37.0

38.0

39.0

40.0

BK 2.2

256.1 m NN

0.00

1.00

2.00

3.00

4.00

5.00

6.00

7.00

8.00

9.00

10.00

11.00

12.00

13.00

14.00

15.00

16.00

17.00

18.00

19.00

20.00

21.00

22.00

23.00

24.00

25.00

26.00

27.00

28.00

29.00

30.00

31.00

32.00

33.00

34.00

35.00

36.00

37.00

38.00

39.00

40.00

-36.27

257.33

-30.00

256.92

-25.18

256.37

256.37

-20.00

255.74

258.09

-15.43

255.34

-10.00

255.49

261.47

-5.01

255.62

0.00

255.90

264.00

5.17

255.73

10.00

255.73

261.55

15.76

255.60

20.00

255.49

258.22

26.25

255.36

255.22

29.00

255.22

255.22

30.00

255.17

255.17



Vollstau ZV = 263.2 m?NN

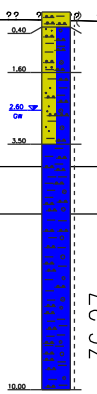


264.0

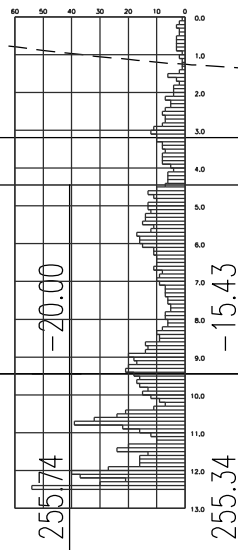
Boschungsneigung ca. 1:3

Boschungsneigung ca. 1:3

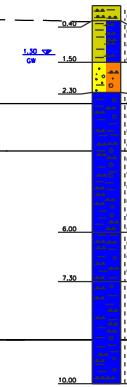
BK 2.5
257.6 m NN



DPH 2.3
256.7 m NN
Schlaglöcher je 10 cm



BK 2.4
256.1 m NN



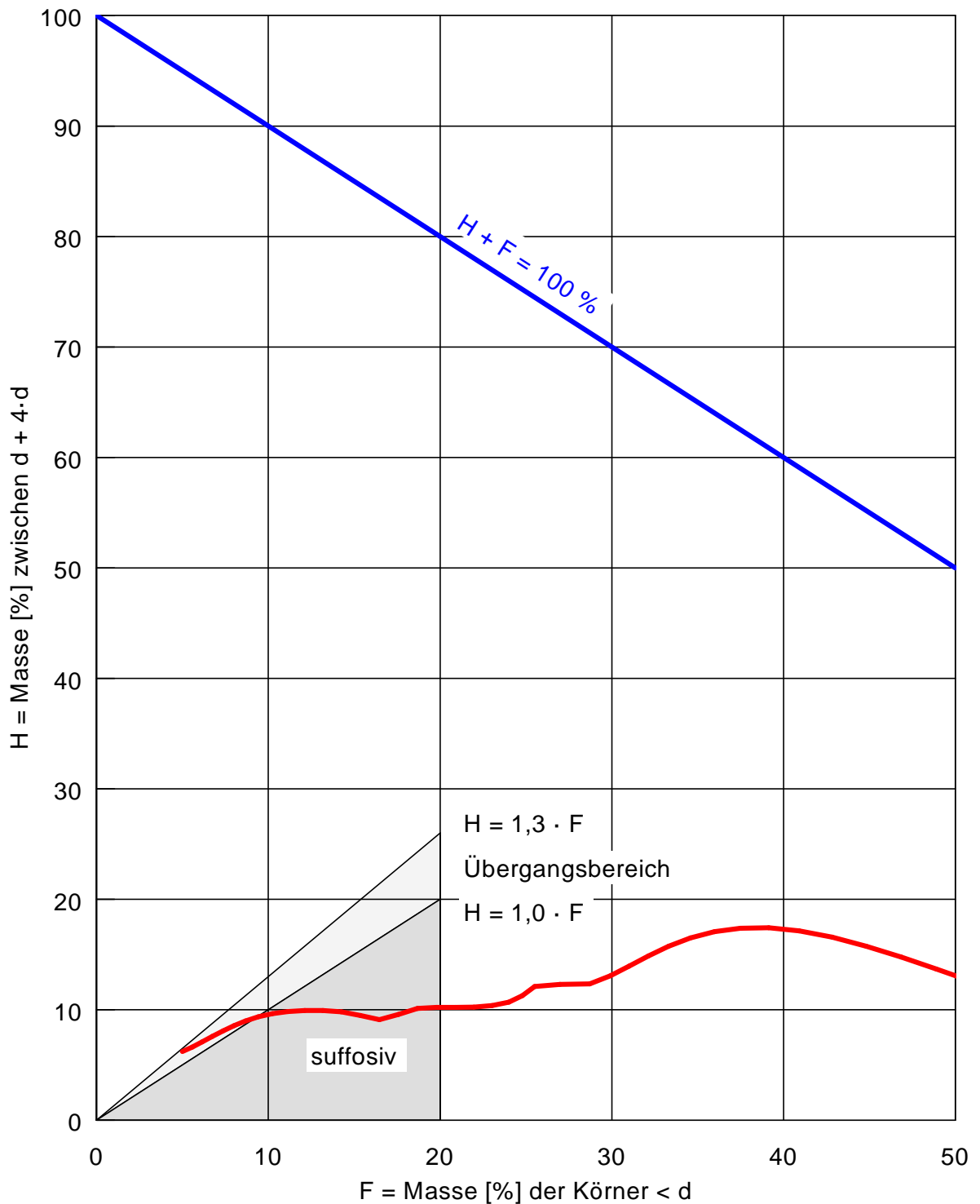
-40.00	-36.27	-30.00	-25.18	-20.00	-15.43	-10.00	-5.01	0.00	5.17	10.00	15.76	20.00	26.25	29.00	30.00
257.39	257.33	256.92	256.37	255.74	255.34	255.49	255.62	255.90	255.73	255.73	255.60	255.49	255.36	255.22	255.17
			256.37	258.09		261.47		264.00		261.55		258.22		255.22	

Überprüfung der Suffosiongefährdung

GGU-Filter-Stability / Version 2.00 / 30.04.2014
Entnahmetiefe: 0,70 - 1,00 m
Bodenart/Lage: Stützkörper Luftseite
Datei: 12208_BK2.2-3_Auesande_160218.ggu_fil
Verfahren: Kenney / Lau
 $Cu_{grob} \geq 3$
Boden ist suffosiv

Probe: BK 2.2/3

Auesand



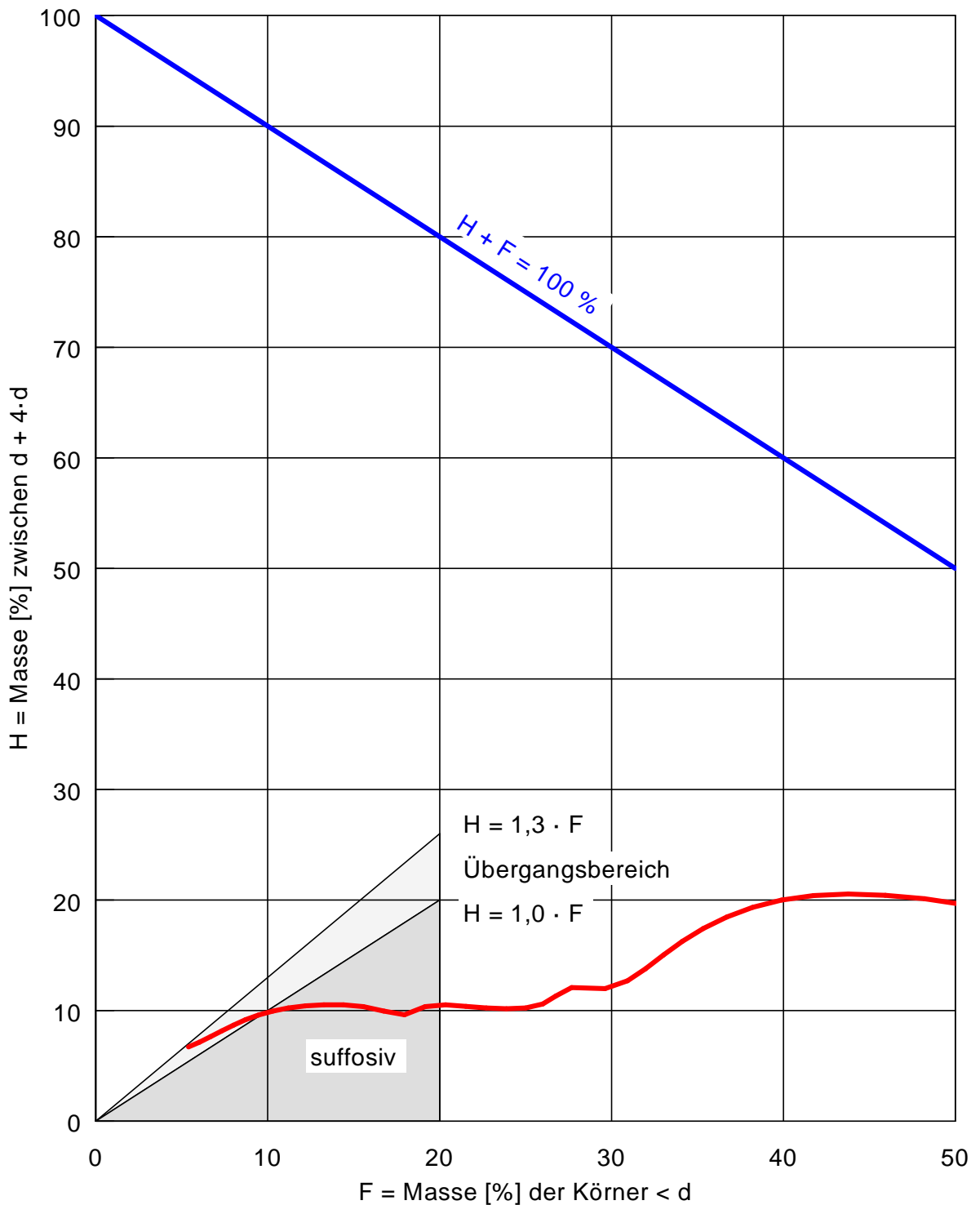
Überprüfung der Suffosiongefährdung

GGU-Filter-Stability / Version 2.00 / 30.04.2014
 Entnahmetiefe: 0,70 - 1,00 m
 Bodenart/Lage: Stützkörper Luftseite
 Datei: 12208_BK2.2-4-5-6_MP_Auesande_160218.ggu_fil
 Verfahren: Kenney / Lau
 $Cu_{grob} \geq 3$
Boden ist suffosiv

Mischprobe

Probe: BK 2.2/4
 BK 2.2/5
 BK 2.2/6

Auesand

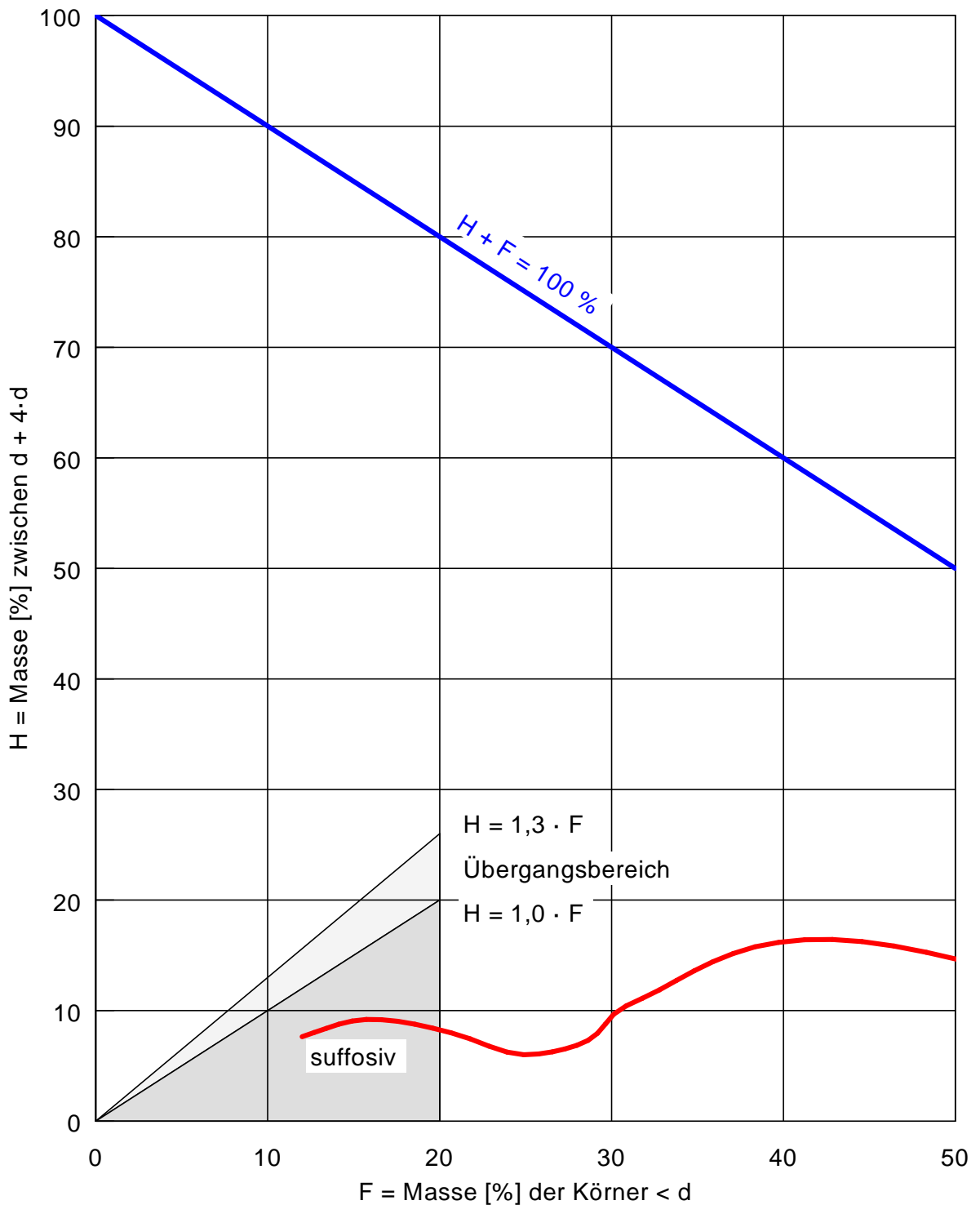


Überprüfung der Suffosiongefährdung

GGU-Filter-Stability / Version 2.00 / 30.04.2014
 Entnahmetiefe: 0,70 - 1,00 m
 Bodenart/Lage: Stützkörper Luftseite
 Datei: 12208_BK2.3-3_Auesande_160218.ggu_fil
 Verfahren: Kenney / Lau
 $Cu_{grob} \geq 3$
Boden ist suffosiv

Probe: BK 2.3/3

Auesand

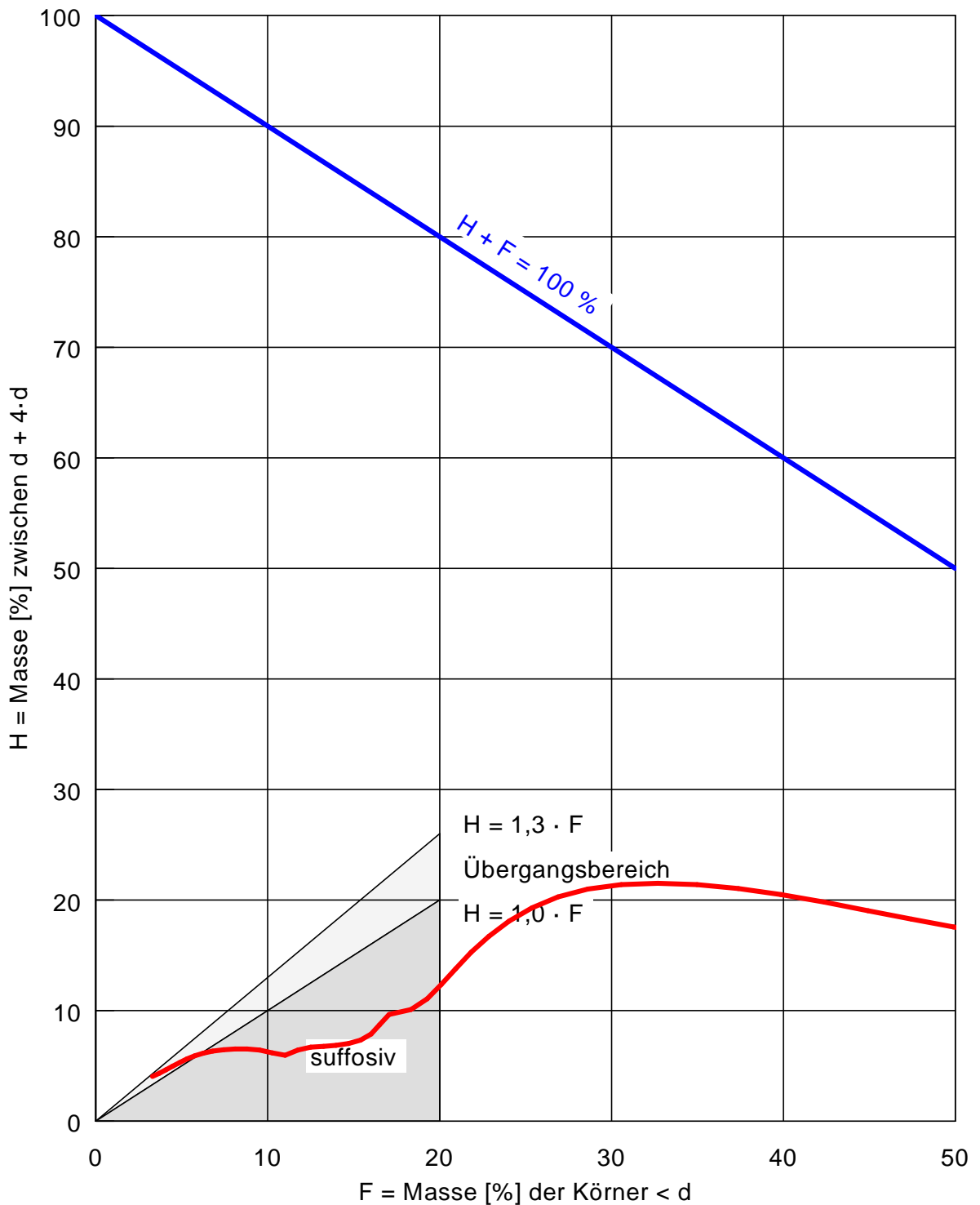


Überprüfung der Suffosiongefährdung

GGU-Filter-Stability / Version 2.00 / 30.04.2014
Entnahmetiefe: 0,70 - 1,00 m
Bodenart/Lage: Stützkörper Luftseite
Datei: 12208_BK2.4-2_Auekies_160218.ggu_fil
Verfahren: Kenney / Lau
 $Cu_{grob} \geq 3$
Boden ist suffosiv

Probe: BK 2.4/2

Auesand

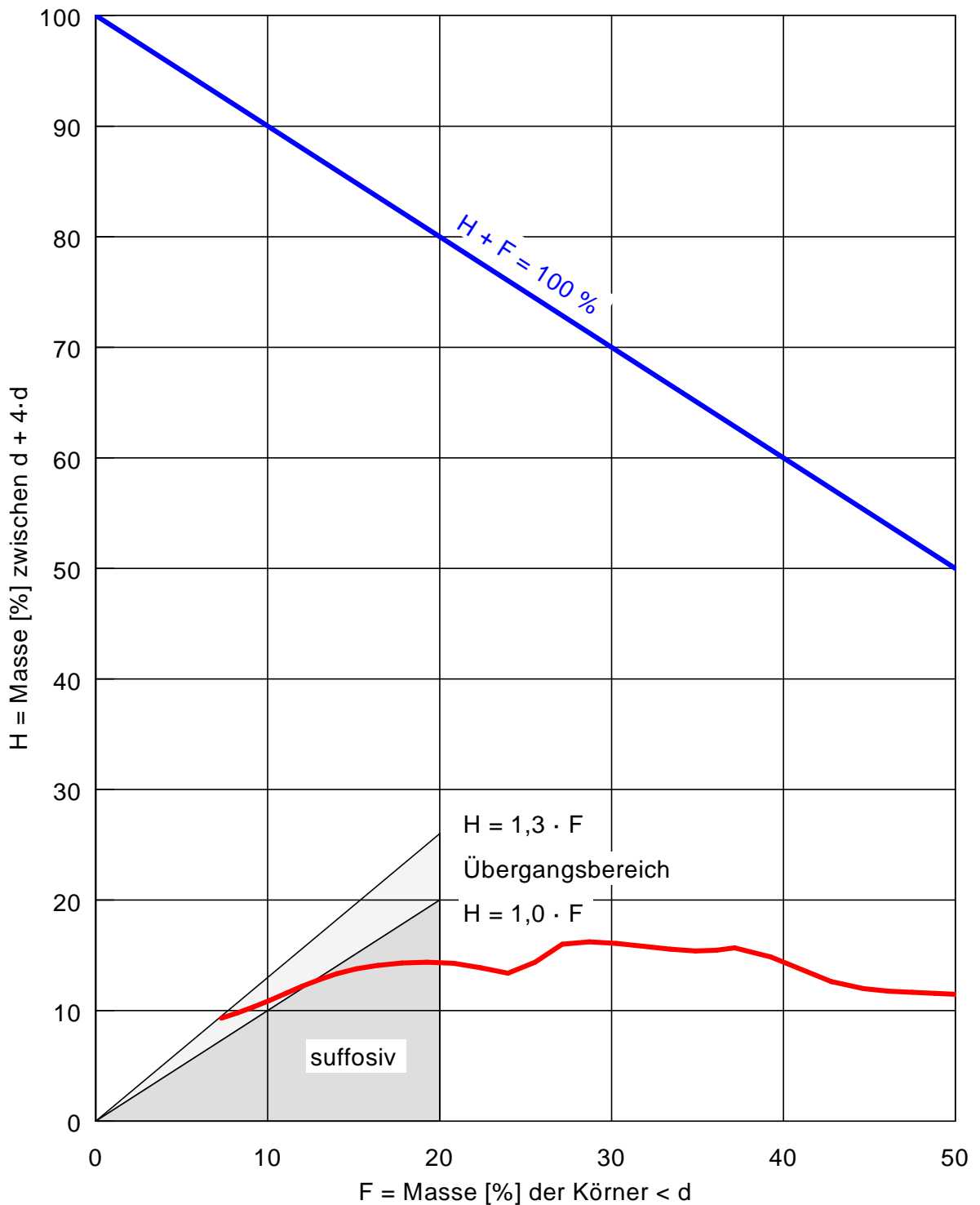


Überprüfung der Suffosiongefährdung

GGU-Filter-Stability / Version 2.00 / 30.04.2014
Entnahmetiefe: 0,70 - 1,00 m
Bodenart/Lage: Stützkörper Luftseite
Datei: 12208_BK2.6-5_Hangschutt_160218.ggu_fil
Verfahren: Kenney / Lau
 $Cu_{grob} \geq 3$
Boden ist suffosiv

Probe: BK 2.6/5

Hangschutt

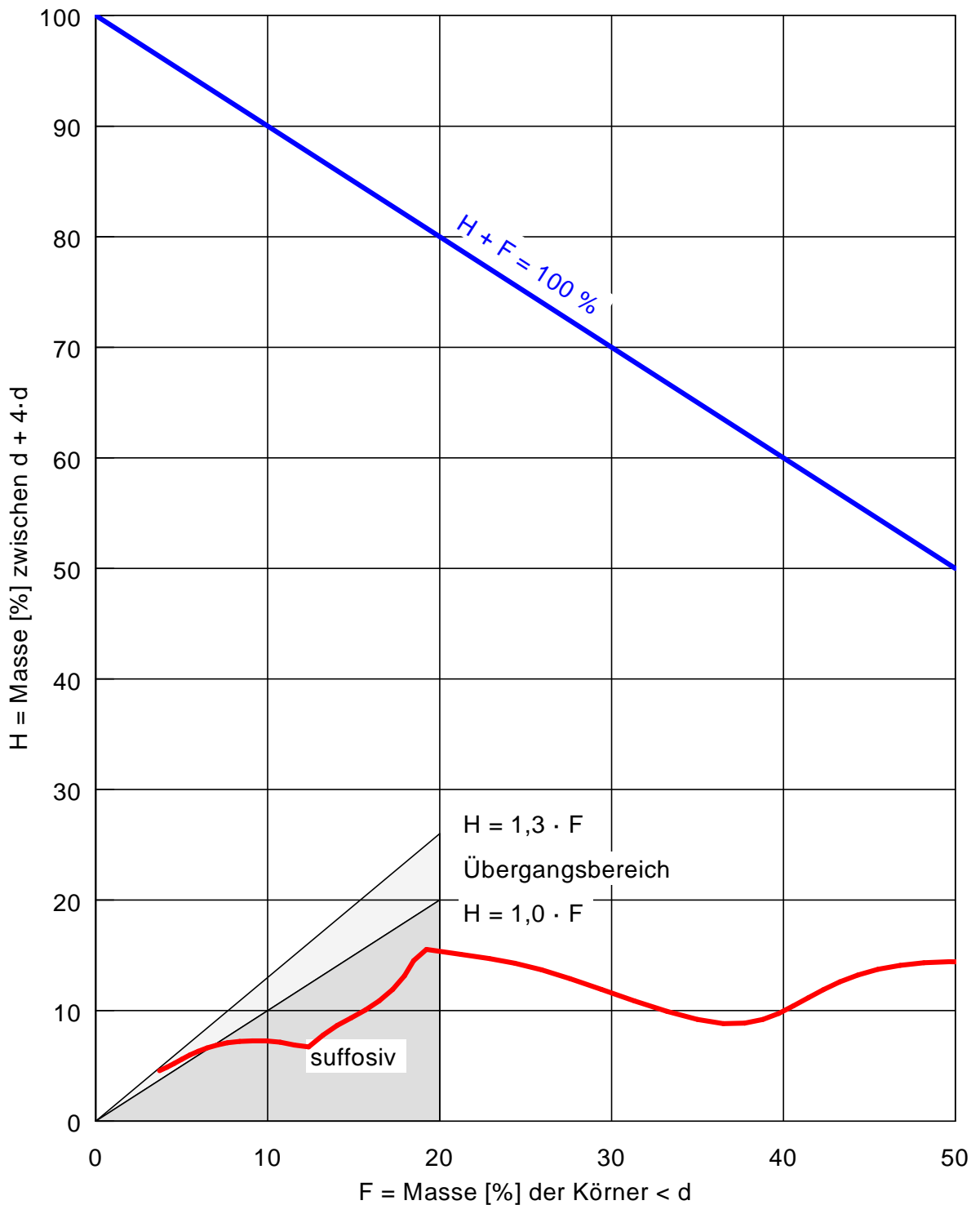






Überprüfung der Suffosiongefährdung

GGU-Filter-Stability / Version 2.00 / 30.04.2014
 Entnahmetiefe: 0,70 - 1,00 m
 Bodenart/Lage: Stützkörper Luftseite
 Datei: 12208_BK2.6-8_km1-u-Sandstein_160218.ggu_fil
 Verfahren: Kenney / Lau
 $Cu_{grob} \geq 3$
Boden ist suffosiv

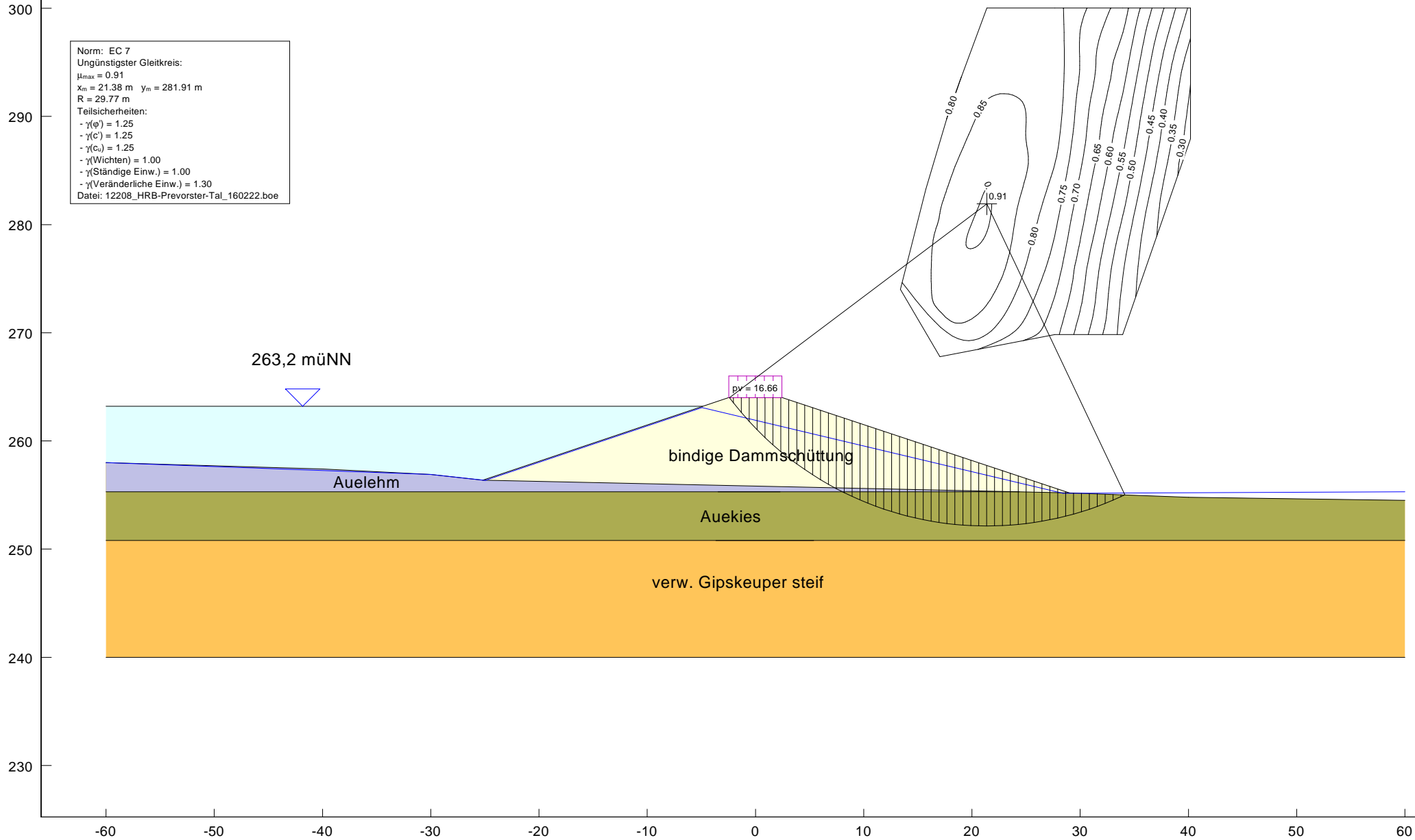
Probe: BK 2.6/8





verw. km1 u. Sandstein



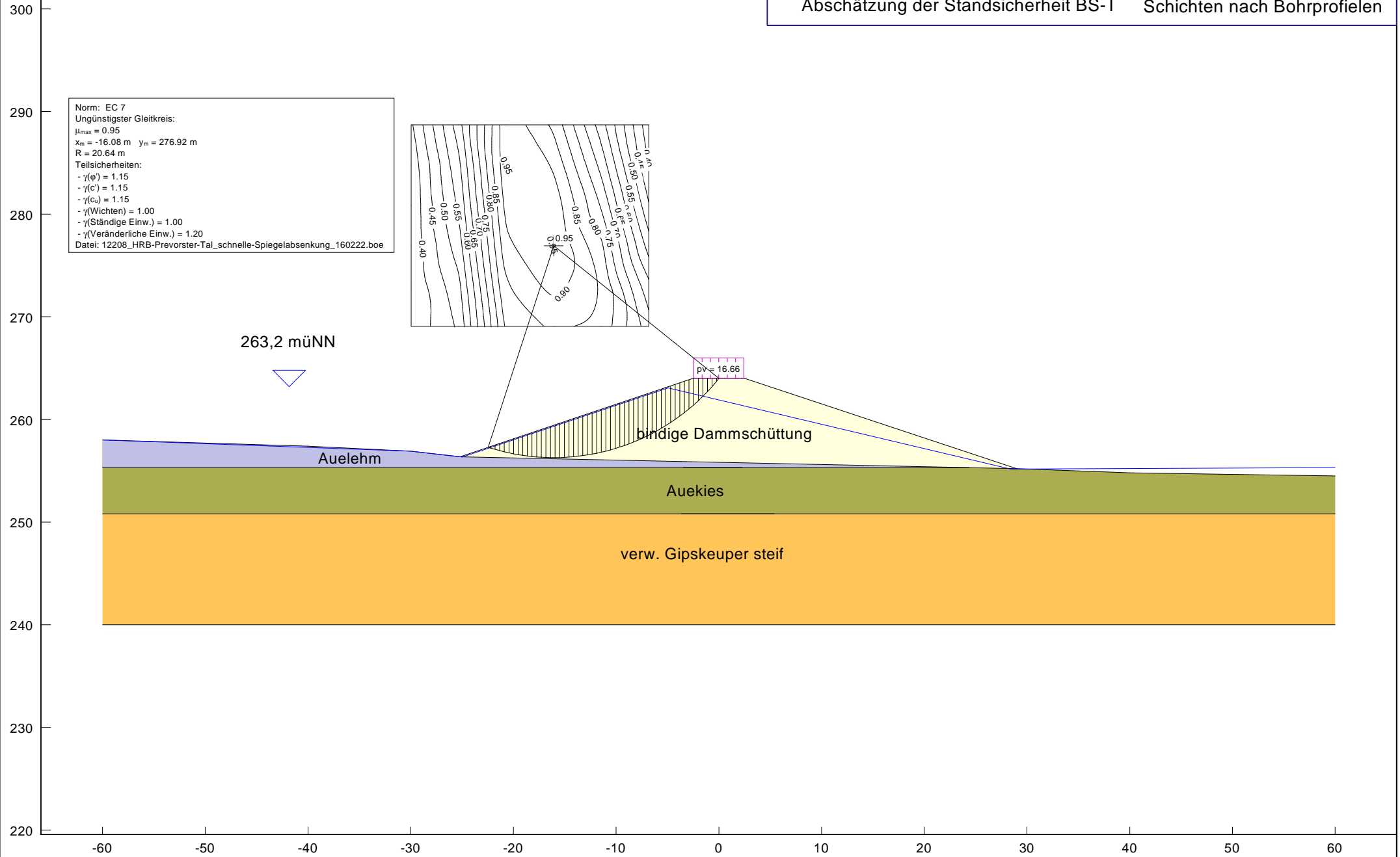
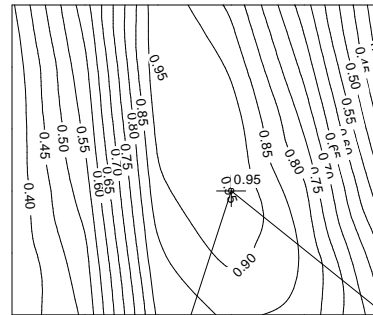
Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	22.50	7.00	20.00	Dammschüttung
	22.50	10.00	19.00	Auelehm
	27.50	5.00	20.00	Auekiese
	22.50	25.00	21.00	verw. Gipskeuper

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.91$
 $x_m = 21.38$ m $y_m = 281.91$ m
 $R = 29.77$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 12208_HRB-Prevorster-Tal_160222.boe



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	22.50	7.00	20.00	Dammschüttung
	22.50	10.00	19.00	Auelehm
	27.50	5.00	20.00	Auekiese
	22.50	25.00	21.00	verw. Gipskeuper

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.95$
 $x_m = -16.08\text{ m}$ $y_m = 276.92\text{ m}$
 $R = 20.64\text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.15$
- $\gamma(c) = 1.15$
- $\gamma(c_u) = 1.15$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$
Datei: 12208_HRB-Prevorst-Tal_schnelle-Spiegelabsenkung_160222.boe



263,2 müNN

pv = 16.66

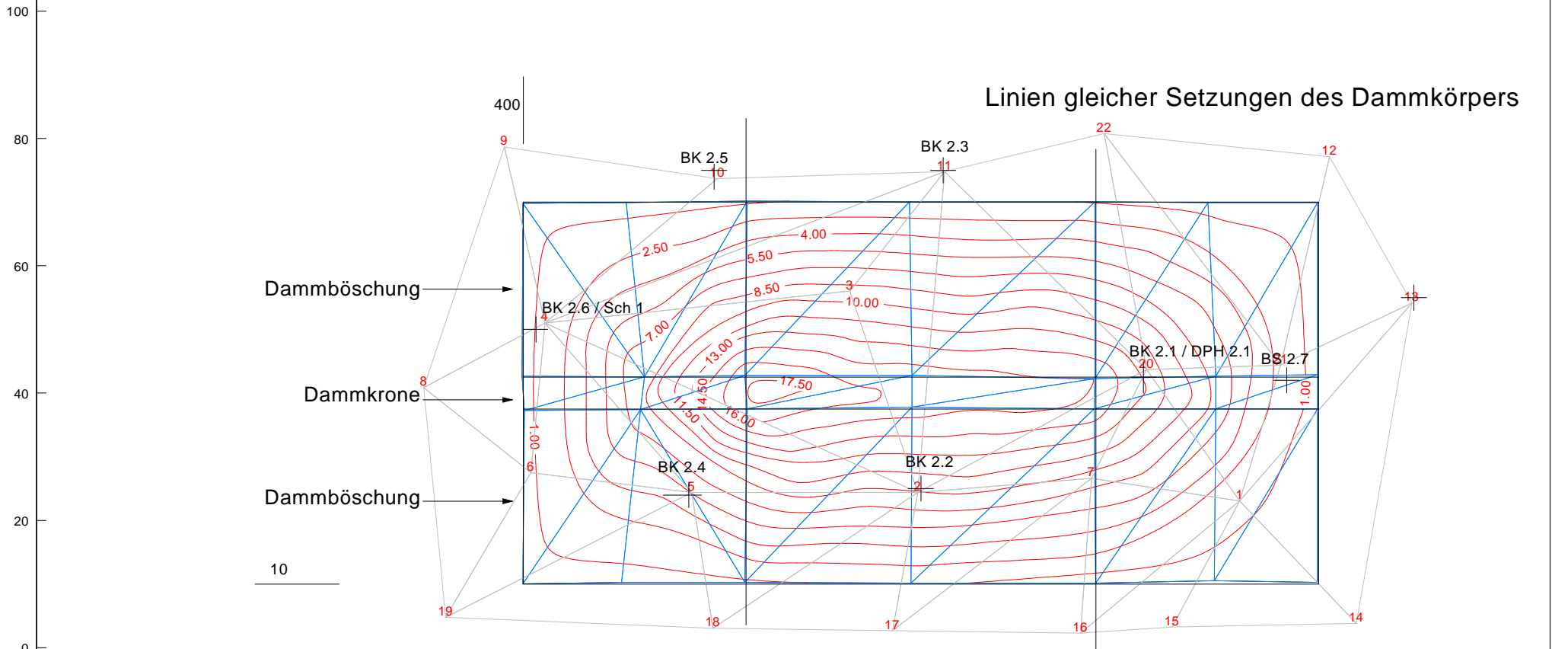
bindige Dammschüttung

Auelehm

Auekies

verw. Gipskeuper steif

Setzung in Höhe Dammunterkante

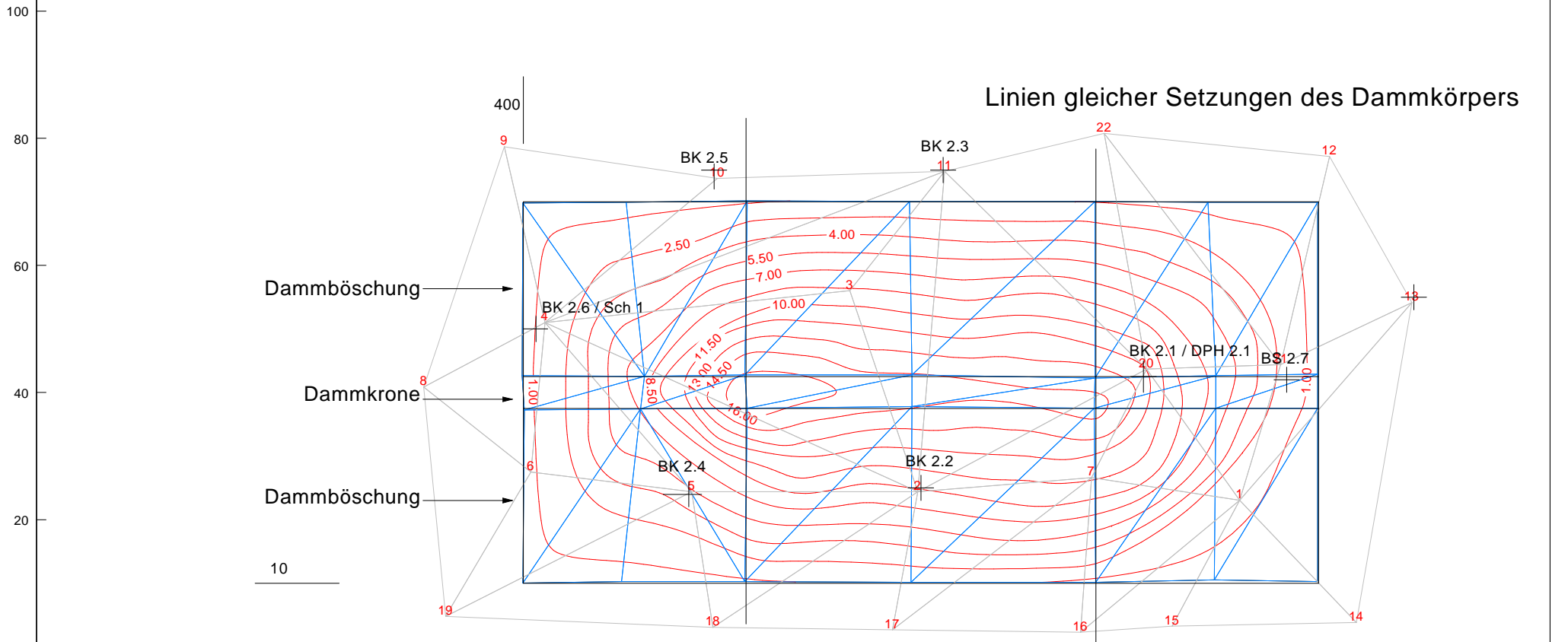


max. Setzungen im Bereich Dammkrone = 18 cm

Schicht	γ [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	19.00	7.50	0.000	Auelehm (weich-steif / steif)
	20.00	15.00	0.000	Auekies (GU*/SU*)
	18.00	10.00	0.000	Hanglehm / Hangschutt
	21.00	20.00	0.000	Gipskeuper verwittert (km1)

Berechnungsgrundlagen:
Linien gleicher Setzungen [cm]
Setzungen GOK
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe mit allen Fundamenten
Datei: 12208_ges.Damm_160222.fda

Setzung in Höhe Dammunterkante



max. Setzungen im Bereich Dammkrone = 17 cm (0,5 m Bodenverbesserung)

Schicht	γ [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	19.00	20.00	0.000	Bodenverb.
	19.00	7.50	0.000	Auelehm (weich-steif / steif)
	20.00	15.00	0.000	Auekies (GU*/SU*)
	18.00	10.00	0.000	Hanglehm / Hangschutt
	21.00	20.00	0.000	Gipskeuper verwittert (km1)

Berechnungsgrundlagen:
Linien gleicher Setzungen [cm]
Setzungen GOK
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe mit allen Fundamenten
Datei: 12208_ges.Damm_Bodenverb._160222.fda