

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH · Heidengass 16 · 76356 Weingarten

WALD + CORBE Consulting GmbH

Am Hecklehamm 18

76549 Hügelsheim

Anerkanntes Institut
nach DIN 1054
Beratende Ingenieure

Dr. techn. K. Kärcher
Dipl.-Ing. K.-M. Gottheil
Dipl.-Geol. D. Kläiber
Dipl.-Ing. J. Santo

Baugrunduntersuchungen
Erd- und Grundbau
Boden- und Felsmechanik
Damm- und Deichbau
Ingenieur- u. Hydrogeologie
Deponietechnik
Grundwasserhydraulik
Bodenmechanisches Labor

Ihr Zeichen

Unser Zeichen
E9172A02G

Bearbeiter
Gh ☎ 07244/7013-13
k.gottheil@kaercher-geotechnik.de

Datum
17. Juni 2019

GEOTECHNISCHES GUTACHTEN

Neubau des Hochwasserrückhaltebeckens HRB Ohlsbach

Projekt-Nr.: E 9172

Projekt: HRB Ohlsbach

Auftraggeber: WALD + CORBE Consulting GmbH

INHALT

1	Bauvorhaben und verwendete Unterlagen	4
2	Baugrund	4
2.1	Geologischer Überblick	4
2.2	Durchgeführte Baugrunderkundung	4
2.3	Untergrundbeschreibung	5
2.4	Bodenmechanische Kennwerte und Klassifikationen	6
2.5	Grundwasser	7
2.6	Erdbebenzone	7
3	Hauptdamm	9
3.1	Dammkonzept	9
3.2	Schüttmaterial, Baustoffe	12
3.2.1	Zonendamm	12
3.2.2	Homogener Damm	14
3.2.3	Material für das Drainageprisma am luftseitigen Böschungsfuß	15
3.2.4	Verwendung von Aushub- und Abtragmaterial	15
3.3	Dammaufstandsfläche	16
4	Dammstandsicherheit	16
4.1	Nachweisführung nach DIN 19700	16
4.1.1	Einwirkungen	16
4.1.2	Lastfälle	17
4.1.3	Tragwiderstände und Bemessungssituationen	18
4.2	Tragsicherheitsnachweise	19
4.2.1	Böschungs- bzw. Geländebruchuntersuchungen	19
4.2.2	Aufnahme der Spreizspannungen	20
4.2.3	Andere Nachweise	21
4.3	Gebrauchstauglichkeitsnachweise	21
4.3.1	Verträglichkeit der Dammverformung (Setzung)	21
4.3.2	Suffosionsstabilität	22
4.3.3	Suberosion	22
5	Auslassbauwerk	23
5.1	Baugrube und Wasserhaltung	23
5.2	Gründung	23
5.3	Unterströmungs- und Umströmungssicherung	24
5.4	Baugrubenverfüllung und Erddruckbelastung	24
6	Talflanken, Verfüllung altes Bachbett	24
7	Anschluss Damm an die Talflanken	26
8	Abdichtung neues Gewässerbett und Abgrabungen	26

9 Arsen-Problematik

27

ANLAGEN

1. **Lageplan mit Bohransatzpunkten**
2. **Ergebnisse der Baugrunderkundung**
 - 2.1 Profildarstellung der Baggerschürfen Schurf 1 bis Schurf 8 im Talgrund
 - 2.2 Profildarstellung der Bohrungen BK 1 und BK 2 im Talgrund
 - 2.3 Profildarstellung der Bohrungen BK 3 bis BK 6
 - 2.4 Profildarstellung der Bohrungen BK 7 bis BK 9
3. **Laboruntersuchungen**
 - 3.1 Sieblinien
 - 3.2-3.3 Konsistenzgrenzenbestimmung
 - 3.4 Grundwasseranalyse
4. **Tragsicherheitsnachweise und geohydraulische Berechnungen**
 - 4.1 Böschungsbruchberechnungen
 - 4.2 Sicherheit gegen Spreizen in der Dammaufstandsfläche
 - 4.3 Nachweis der konzentrierten Um- und Unterströmung nach Chugaev
5. **Setzungsberechnungen**

1 Bauvorhaben und verwendete Unterlagen

Der vorgesehene Beckenstandort liegt nordöstlich des Ortsrandes von Ohlsbach im Tal des Ohlsbaches. Im Zuge der Umsetzung des Hochwasserschutzkonzeptes ist der Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens mit einem rund 80 m langen Damm geplant. Dieser schließt im Südosten an die Straße Hinterohlsbach, im Nordwesten an einen geschotterten Wirtschaftsweg an.

Zur Bearbeitung standen uns sämtliche Unterlagen der Entwurfsplanung des IB WALD + CORBE zur Verfügung.

2 Baugrund

2.1 Geologischer Überblick

Das Bauvorhaben befindet sich in der Talmulde des Ohlsbaches. Nach der geologischen Karte ist im Bereich des Talgrundes zunächst mit mehrere Meter mächtigen Bachsedimenten zu rechnen. In den Flanken steht Granit an.

2.2 Durchgeführte Baugrunderkundung

Der Baugrund im Bereich der künftigen Dammaufstands- und Einstaufläche wurde mit 2 maschinellen Kernbohrungen (BK 1 und 2, Endtiefen 4 bis 8 m u. GOK), 2 schweren Rammsondierungen (DPH 1 und 2, Endtiefen bis 10 m) und 8 Baggerschürfgruben (Schurf 1 bis 8, Tiefen zwischen 1,3 und 2,7 m) erkundet.

Im Bereich der südöstlichen Talflanke wurden 4 Kernbohrungen (BK 3 bis 6 mit Endtiefen von 10 m bzw. 12 m) unmittelbar am Straßenrand der Straße Hinterohlsbach ausgeführt. Die nordwestliche Talflanke wurde mit 3 Kernbohrungen (BK 7 bis 9 mit Endtiefen zwischen 3 m und 8 m) erkundet.

Die Bohr- und Schurfansatzpunkte können dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden, in den Anlagen 2.1 bis 2.4 sind die Ergebnisse in Profilform dargestellt. Eine Fotodokumentation der Kernbohrungen ist als Anlage 2.5 beigelegt.

Wegen der einheitlichen Baugrundverhältnisse konnten die erforderlichen Laborversuche auf die folgenden Versuche, deren Ergebnisse als Anlage 3 beiliegen, beschränkt werden:

- 2 Nasssiebungen zur Bestimmung der Körnungslinien
- 4 Konsistenzgrenzenbestimmungen

2.3 Untergrundbeschreibung

In den 8 Schürfgruben im Talgrund (Anl. 2.1) wurden unter einer 20 bis 50 cm starken Oberbodendecke Wechsellagerungen aus schluffigen Tonen und kiesigen Grobsanden angetroffen. Vereinzelt traten bereits oberflächennah größere Blöcke mit Kantenlängen von 0,8 m (Schurf 5) bzw. 0,6 m (Schurf 7) auf. In Schurf 2 konnte der anstehende Boden bis in 1 m Tiefe anhand seines geringen Ziegelbruchanteils eindeutig als Auffüllung identifiziert werden. Vergleichbares gilt für den Löss bzw. Lösslehm in Schurf 6: dieses völlig ortuntypische Material wurde auf der alten Mutterbodenschicht als Auffüllung eingebaut.

In keiner der Schürfgruben wurde Wasser angetroffen.

Die beiden Kernbohrungen (s. Anl. 2.2) zeigten unter dem Oberboden zunächst eine bindige Deckschicht, die in BK 1 bis in eine Tiefe von 1,2 m, in BK 2 bis 1,9 m reichte. Darunter folgen überwiegend schwach schluffige bis schluffige Gemische aus Kies, Steinen, Blöcken und Sand. Vor allem bei den grobstückigen Bestandteilen handelt es sich um z.T. stark verwitterte Granitgerölle. Fels in Form eines verwitterten Granits wurde in BK 1 in 5,5 m Tiefe, in BK 2 in 6,1 m Tiefe erbohrt.

Die Rammsondierungen zeigen in den bindigen Schichten erwartungsgemäß sehr niedrige Schlagzahlen. Mit Erreichen der Unterkante der bindigen Überlagerung steigen die Schlagzahlen deutlich an. Der Rückgang des Rammwiderstandes in DPH 2 bei etwa 4,5 m Rammtiefe ist u.E. vor allem auf das in dieser Tiefe angetroffene Grundwasser zurückzuführen.

Erstaunlich ist, dass der in der Bohrung BK 1 ab 5,5 m Tiefe angetroffene verwitterte Granit mit der Rammsondierung DPH 1 noch insgesamt 4,5 m durchrammt werden konnte. Dies lässt auf einen starken Verwitterungsgrad schließen.

Die entlang der Straße Hinterohlsbach abgeteufte Bohrungen BK 3 bis 6 (Anl. 2.3) zeigen mit Ausnahme der BK 5 zunächst mehrere Meter Lockergestein. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um schluffige Sande bzw. stark sandige Schluffe. Unterlagert werden diese Schichten von stark bis sehr stark mürbem Granit, der über die gesamte Bohrtiefe durchrammt werden konnte.

Gleiches gilt für die entlang des an der nordwestlichen Talflanke verlaufenden Wirtschaftsweges abgeteufte Bohrungen BK 7 bis 9 (Anl. 2.4). Mit Ausnahme BK 9 (4,4 bis 8,0 m) war der dort unter dem Lockergestein angetroffene Granit rammbar.

2.4 Bodenmechanische Kennwerte und Klassifikationen

In der folgenden Tabelle sind die bautechnischen Klassifizierungen und die für erdstatische Berechnungen und Nachweise erforderlichen charakteristischen Kennwerte der angetroffenen Böden mit Ausnahme des Oberbodens aufgelistet. Es handelt sich dabei um charakteristische Werte im Sinne des EC 7.

Modellschicht Homogenbereich	Bindige Schichten A	Sand-Kies- Gemische B	Mürber Granit C	Kompakter Granit D
Bodenart	Ton, schluffig Schluff, tonig, sandig	Sand + Kies, schluffig, steinig, Blöcke	Mürber bis stark mürber Granit	Festgestein
Konsistenz / Lagerungsdichte	wch bis stf; untergeordnet halbfest	mitteldicht bis dicht	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	TL, TM, UL, UM	GW, GU, GU*, SW, SU, SU*	(Z)	(Z)
Bodenklasse nach DIN 18300 alt	4 (2 ¹)	3 - 5 (2 ¹)	5 - 6	7
Frostempfindlichkeit (ZTVE)	F 3	F 1 - F 3 ³	F 2 - F 3 ³	F 1 - F 2
Wichte γ / γ' [kN/m ³]	19/9 – 20/10	19/10 – 21/12	23/13	23/13 – 24/14
Reibungswinkel φ_k [°]	27,5	32,5 - 35	40	40
Kohäsion c_k [kN/m ²]	2 - 7	0 – 2 ³	0	> 10
Undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	40 - 200	-	-	-
Steifemodul ² $E_{s,k}$ [MN/m ²]	5 - 10	30 - 50	80 - 150	> 150
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	< 10 ⁻⁷	5x10 ⁻⁴ – 1x10 ⁻⁵ ³	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁷	<10 ⁻⁷

-
- 1 Die bindigen Böden gehen bei Wasserzutritt rasch in breiige Konsistenz über. Werden Erdarbeiten bei nasser Witterung durchgeführt, ist damit zu rechnen, dass ein Teil der Böden in Bodenklasse 2 übergeht.
- 2 Steifemodul für Erstbelastung im Bereich $0 \leq \sigma \leq 100$ kN/m²
- 3 abhängig vom Schluffanteil

Modellschicht Homogenbereich	Bindige Schichten A	Sand-Kies- Gemische B	Mürber Granit C	Kompakter Granit D
Anteil Steine (63 - 200 mm) [%]	< 5	< 30	-	-
Anteil Blöcke (200 - 630 mm) [%]	< 5	< 15	-	-
Anteil große Blöcke (> 630 mm)[%]	< 5	< 5	-	-
Konsistenzzahl I_c [-]	0,5 – 1,5	-	-	-
Plastizität I_p [%]	5 – 15	-	-	-
organischer Anteil [%]	< 10	< 3	-	-
Abrasivität	sehr gering	hoch	hoch bis sehr hoch	extrem
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	$< 10^{-7}$	$5 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5}$	$10^{-4} - 10^{-5}$	$< 10^{-7}$

2.5 Grundwasser

Die in den Bohrungen BK 1 und BK 2 eingemessenen Grundwasserstände sind in den Profilen der Anlage 2.2 eingetragen; sie lagen zum Zeitpunkt der Erkundung (Mai 2018) etwa 4,5 bis 4,7 m unter Geländeoberkante. In den übrigen Bohrungen sowie in den Schürfgruben wurde kein Wasser angetroffen. Zu Zeiten starker Grundwasserneubildung (langanhaltende Niederschlagsperioden, Schneeschmelze) ist mit einem Anstieg des Wasserstandes bis auf Geländeniveau zu rechnen.

Nach der Grundwasseranalyse, die als Anlage 3.4 beiliegt, ist das Grundwasser als schwach betonangreifend einzustufen; es gilt die Expositionsklasse XA 1.

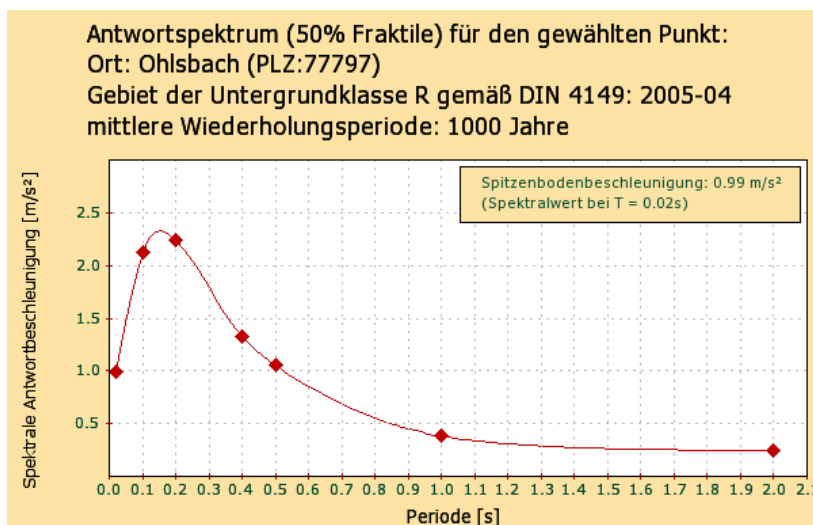
2.6 Erdbebenzone

Der Standort liegt in der Erdbebenzone 1 und der Untergrundklasse R. Die angetroffenen Baugrundverhältnisse lassen eine Einstufung in die Baugrundklasse B zu.

Gemäß der Arbeitshilfe *Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg* (LUBW 2016) ist im vorliegenden Fall

(mittleres HRB, Trockenbecken) der Erdbebenfall 2 (Bemessungserdbeben) für eine mittlere Wiederholungsperiode von $T = 1000$ Jahren mit den vom Deutschen Geoforschungszentrum Potsdam online veröffentlichten Beschleunigungswerten nachzuweisen, sofern der anzusetzende Beschleunigungsrechenwert größer ist als 4% der Erdbeschleunigung. Der Nachweis für den Erdbebenfall 1 (Betriebserdbeben) kann entfallen, da es sich um ein Trockenbecken handelt.

Der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g ist die spektrale Antwortbeschleunigung bei $s = 0$. Dieser beträgt gemäß dem nachfolgenden Diagramm $a_g = 0,99 \text{ m/s}^2$ für eine Wiederkehrperiode von 1000 Jahren⁵. Die rechnerisch anzusetzende Bodenbeschleunigung ist $a_g \cdot S$, wobei S der Untergrundparameter in Abhängigkeit der Baugrund- und Untergrundklasse ist. Für den Standort des HRB Ohlsbach (Baugrundklasse B und Untergrundklasse R) ergibt sich nach DIN 4149 ein Untergrundparameter von $S = 1,25$. Der Rechenwert mit $a_g \cdot S = 1,24 \text{ m/s}^2$ ist größer als 4 % der Erdbeschleunigung, der Nachweis Bemessungserdbeben muss deshalb geführt werden.



Antwortspektrum des GFZ für das HRB Ohlsbach

3 Hauptdamm

3.1 Dammkonzept

Der Erddamm verläuft in NW-SO-Richtung durch das Tal des Ohlsbachs. Seine maximale Höhe über dem Talgrund beträgt ca. 7,7 m (Station 0+040). Das Auslassbauwerk soll im Taltiefsten bei Station ca. 0+060 angeordnet werden.

Nachfolgend sind die Bauwerksabmessungen und hydraulischen Belastungen aufgelistet. Das vorliegende geotechnische Gutachten basiert auf diesen Angaben.

Dammgeometrie:

Beckenvolumen:	33.700 m ³
Oberkante Dammkrone:	223,45 m+NHN
Gewässersohle Durchlass:	213,75 m+NHN
Dammhöhe (über UK Bodenplatte):	11,00 m
min GOK (bei 0+060, Wasserseite):	215,63 m+NHN
min GOK (bei 0+040, Luftseite):	215,45 m+NHN
Kronenbreite:	4,00 m
Neigung wasserseitige Böschung:	1 : 3
Neigung luftseitige Böschung:	1 : 3

Hydraulische Belastung:

Vollstau (Z_V):	222,00 m+NHN
Hochwasserstauziel 1 (Z_{H1}):	222,40 m+NHN
Hochwasserstauziel 2 (Z_{H2}):	222,60 m+NHN

Im Sinne der DIN 19700, Teil 12 handelt es sich um ein "mittleres Becken".

Dammaufbau

Der Dammaufbau kann sowohl als Zonendamm als auch als homogener Damm konzipiert werden. Bei verschiedenen vergleichbaren Projekten in der näheren Umgebung wurden homogene Dämme aus standorttypischen Materialien (gut abgestufter Schotter mit entsprechend hohem Feinkornanteil) realisiert, so dass es im vorliegenden Fall nahelegt, einen vergleichbaren Dammaufbau zu wählen. Im Folgenden werden für beide Varianten die erdbautechnischen Anforderungen an die Schüttmaterialien sowie an deren Einbau angegeben.

A) Zonendamm

Dieses Dammkonzept sieht einen Stützkörper vor, der prinzipiell aus einer relativ weiten Spanne möglicher Böden hergestellt werden kann. Seine Aufgabe ist ausschließlich erdstatischer Natur, die Dichtfunktion wird beim Zonendamm von einer auf der Wasserseite angeordneten mineralischen Dichtung aus bindigem Schüttmaterial (Ton) erfüllt. Alle Material- und Einbauanforderungen sind in Abschnitt 3.2 erläutert.

Der Stützkörper wird aus einem geeigneten Material (s. Abschnitt 3.2), z.B. Steinbruchabraum, geschüttet, wobei beim Einbau ausgeprägte Steinanhäufungen zu vermeiden sind. Die Grenzfläche zwischen Stützkörper und Dichtung erhält eine Neigung von 1 : 2,2 oder steiler. Als Mindestüberdeckung der Dichtungsschicht gegen eindringendes Sickerwasser wird im Kronenbereich eine Stärke von $d_{\min} \geq 1,5$ m, gemessen senkrecht zur jeweiligen Oberfläche, empfohlen. Unter der befestigten Dammkrone ist wegen der dort durch den Wegaufbau schon vorhandenen Überdeckung, die als Frostschutzschicht und Nagetiersperre angesetzt werden kann, eine Dichtungsstärke von 0,5 bis 0,6 m ausreichend.

Zwischen Stützkörper und Dichtungsschicht ist die geometrische Filterfestigkeit nachzuweisen. Wird dieser Nachweis nicht erfüllt, ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 mit einem Mindestgewicht von 250 g/m^2 anzuordnen. Der Nachweis kann erst nach Vorlage der Kornverteilungsanalysen am vorgesehenen Schüttmaterial durchgeführt werden.

B) Homogener Damm

Für einen homogenen Damm sind in Anlehnung an die Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken Materialien mit einem Durchlässigkeitswert von $k \leq 5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ zu verwenden. Nach den Erfahrungen mit verschiedenen Dammbauwerken in der unmittelbaren Umgebung kann diese Forderung auch mit einem gut abgestuften Schotter mit entsprechend hohem Feinkornanteil erfüllt werden. Prinzipiell ist natürlich auch ein bindiges Material, wie es beim Zonendamm für die wasserseitige Dichtung beschrieben ist, geeignet.

Die Material- und Einbauanforderungen für eine homogene Dammschüttung sind in Abschnitt 3.2 aufgelistet.

Sonstige Dammelemente

Bedingt durch die bereichsweise geringmächtigen bindigen Deckschichten kann es im Einstaufall zu einer Unterströmung des Dammes kommen. Um die hydraulischen Verhältnisse für diesen Fall in einem verträglichen Rahmen zu halten, sind folgende Zusatzeinrichtungen erforderlich:

Am luftseitigen Böschungsfuß ist ein Drainageprisma anzuordnen, welches im Unterströmungsfall eine standsicherheitsreduzierende Aufsättigung der luftseitigen Böschung verhindert. Es muss eine auf den rechnerischen Böschungsfußpunkt bezogene Mindesteinbindung in horizontaler Richtung von 7 m haben und entweder direkt oder durch grabenartige bzw. punktuelle Vertiefungen (s.u.) an den durchlässigen Baugrund anschließen.

Die Oberkante der Drainage ist auf ein Niveau von 1 m über Dammplenum und die Unterkante auf 0,5 m unter Dammplenum zu führen. Sie ist aus gut durchlässigem Material zu schütten (Materialanforderungen s. Kap. 3.2). Zur filterfesten Trennung ist im Regelfall allseitig ein Geotextil anzuordnen, welches in Kontaktflächen an feinteilfreie Böden (Kiese, Gerölle) nach Rücksprache mit der geotechnischen Fachbauleitung ggf. entfallen kann. Zur Abführung des Wassers in Richtung Auslassbauwerk bzw. Bach sollte ein Dränrohr DN 200 vorgesehen werden. Da die nichtbindigen Schichten unterschiedlich tief liegen, müssen u.U. in Teilbereichen der Drainage hydraulische Anschlüsse durch Anlegen grabenartiger Vertiefungen oder punktueller kiesverfüllter Schlitzte ausgeführt werden. Die Erfordernis derartiger Entspannungsvertiefungen, -gräben oder -schlitzte wird im Zuge der Ausführung von der geotechnischen Fachbauleitung festgelegt. Die Anforderungen an das Austauschmaterial sind dieselben wie beim Drainageprisma. In Bereichen, in denen die Deckschicht eine Mächtigkeit von mehr als 2 m aufweist, sind aus geotechnischer Sicht keine Entspannungsanschlüsse an die durchlässigen Schichten mehr erforderlich.

Zur Begrenzung des hydraulischen Gradienten im Falle einer Unterströmung des Dammes beim Einstau ist zwischen wasserseitigem Dammfuß und dem Unterhaltungsweg ein mindestens 1 m mächtiger und 9 m breiter Dichtungsteppich ($k_f \leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s) erforderlich. Dieser muss auch unter der Entwässerungsmulde vorhanden sein und ist, sofern nicht bereits natürlich vorhanden, aus Dichtungsmaterial gemäß Kap. 3.2.1 (Dichtungsmaterial Zonendamm) oder Schüttmaterial für einen homogenen Damm gemäß Kap. 3.2.2 herzustellen.

Im unmittelbaren Einlaufbereich des Auslassbauwerkes kann der Dichtungsteppich realisiert werden durch eine Sohlsicherung des Gewässers in Form eines in Beton verlegten Steinsatzes (Betonstärke mind. 30 cm) oder eine mineralische Dichtung mit einer Mächtigkeit von mind. 1 m.

In den Anschlussbereichen an die Talflanken ist eine Umströmung des Dammes durch Dichtungssporne zu verhindern (s. Kap. 7).

3.2 Schüttmaterial, Baustoffe

Für die erforderlichen Baustoffe werden im Folgenden die Material- und Einbauanforderungen spezifiziert. Sämtliche Material- und Einbauanforderungen sind im Zuge der Eignungsprüfung und der Bauüberwachung nachzuweisen (vgl. Anlage 6).

3.2.1 Zonendamm

Stützkörpermaterial (Zonendamm)

Für das Stützkörpermaterial sind folgende Materialanforderungen nachzuweisen:

Materialanforderungen	Richtwert
Bodengruppe nach DIN 18 196	GU/GT, GU*/GT*, SU/ST, SU*/ST*
Steinanteil ($d \geq 60$ mm)	≤ 35 %
Gehalt an organischen Stoffen	≤ 5 %

An den Einbau werden folgende Anforderungen gestellt:

Einbauanforderungen	Richtwert
Mindestverdichtungsgrad D_{\min}	$\geq 100\%$ e.P.

Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubauen und auf die geforderten Richtwerte zu verdichten. Dem gemischtkörnigen Schüttmaterial können bei Einhaltung der o. g. Material- und Einbauanforderungen folgende bodenmechanischen Parameter zugeordnet werden:

bodenmech. Parameter	γ [kN/m ³]	γ' [N/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	k_f [m/s]
Stützkörpermaterial (Fremdmaterial)	20,0	10,0	32,5	0,0	k. A.

Mineralisches Dichtungsmaterial (Zonendamm)

Für mineralische Dichtungen sind in Anlehnung an die Arbeitshilfe zur DIN 19700 die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Materialanforderungen nachzuweisen:

Materialanforderungen	Richtwert
Bodengruppe nach DIN 18 196	TM, TL
Kies- / Steinanteil	$\varnothing_{>2 \text{ mm}} < 20 \text{ Gew. \%}$
Gehalt an organischen Stoffen	$\leq 3 \%$
Fließgrenze	$w_L \leq 80 \%$
Ausrollgrenze	$w_P \leq 20 \%$
Plastizität	$I_P \geq 10 \%$
Rohtongehalt $d < 0,002 \text{ mm}$	$\geq 20 \%$
Natürlicher Kalkgehalt	$\leq 10 \%$
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

In der Regel sind tonige Schluffe nach DIN 18 196 bereits der Bodengruppe TL zugehörig. Der Einbau von Schluffen ist daher nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Reine Schluffe, feinsandiger Schluff oder schluffiger Feinsand sind hingegen nicht geeignet.

An den Einbau werden folgende Anforderungen gestellt:

Einbauanforderungen	Richtwert
Mindestverdichtungsgrad D_{\min}	$\geq 100\% \text{ e.P.}$
Luftporengehalt n_a	$< 12 \%$ (Volumen)

Der Einbauwassergehalt darf wegen der ansonsten bestehenden Gefahr der Schrumpfrissbildung nicht mehr als 2 % über dem optimalen Wassergehalt (Ermittlung durch Proctorversuche) betragen. Gegebenenfalls kann der Erdstoff durch Beimengen von Bindemitteln (i. d. R. Weißfeinkalk) verbessert werden oder es erfolgt eine Bodentrocknung, die jedoch bautechnisch schwer realisierbar ist. Eine Überschreitung des maximal zulässigen Kalkgehaltes (gemäß obiger Tabelle) kann dabei unseres Erachtens in Kauf genommen werden.

Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubauen und auf die geforderten Richtwerte zu verdichten. Auf einen ausreichenden Verbund mit bereits eingebautem Material ist zu achten.

Wird die mineralische Dichtung unter Einhaltung der o. g. Material- und Einbauanforderungen hergestellt, können folgende bodenmechanischen Parameter zugeordnet werden:

bodenmech. Parameter	γ [kN/m ³]	γ' [N/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	k_f [m/s]
mineralische Dichtung (Fremdmaterial)	20,0	10,0	25	5	50	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen muss die Zwischenlagerung von bindigem Dammschüttmaterial auf einer nach erdbautechnischen Regeln herzustellenden Deponie erfolgen. Zum Schutz vor Niederschlagswasser ist eine Abdeckung durch Kunststofffolien vorzusehen.

3.2.2 Homogener Damm

Schüttmaterial für einen homogenen Damm

Für eine homogene Dammschüttung sind die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Materialanforderungen nachzuweisen (für bindiges Schüttmaterial gelten die Anforderungen an mineralisches Dichtungsmaterial, s.o.):

Materialanforderungen	Richtwert
Bodengruppe nach DIN 18 196	GU*, GT*
Steinanteil ($d \geq 60$ mm)	< 20 Gew. %
Gehalt an organischen Stoffen	≤ 3 %
Natürlicher Kalkgehalt	≤ 10 %
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f \leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s

An den Einbau werden folgende Anforderungen gestellt:

Einbauanforderungen	Richtwert
Mindestverdichtungsgrad D_{\min}	$\geq 100\%$ e.P.
Luftporengehalt n_a	< 12 % (Volumen)

Im Falle eines zu hohen Wassergehaltes kann der Erdstoff durch Beimengen von Bindemitteln (i.d.R. Weißfeinkalk) verbessert werden oder es erfolgt eine Bodentrocknung, die jedoch bautechnisch schwer realisierbar ist. Eine Überschreitung des maximal zulässigen Kalkgehaltes (gemäß obiger Tabelle) kann dabei unseres Erachtens in Kauf genommen werden.

Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubauen und auf die geforderten Richtwerte zu verdichten. Auf einen ausreichenden Verbund mit bereits eingebautem Material ist zu achten.

Wird die homogene Dammschüttung unter Einhaltung der o. g. Material- und Einbauanforderungen hergestellt, können folgende bodenmechanischen Parameter zugeordnet werden:

bodenmech. Parameter	γ [kN/m ³]	γ' [N/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	k_f [m/s]
homogener Damm aus GU*/GT*	20,0	10,0	30	3	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$

3.2.3 Material für das Drainageprisma am luftseitigen Böschungsfuß

Für das Material des Drainageprismas und des Entspannungsgrabens sind folgende Materialanforderungen nachzuweisen:

Materialanforderungen	Richtwert
Bodengruppe nach DIN 18 196	GW
Körnungsband nach ZTVT bzw. ZTV SoB ohne Sandanteil	1/32, 1/45, 1/56, 2/32, 2/45, 2/56

Dem Material können folgende bodenmechanischen Parameter zugeordnet werden:

bodenmech. Parameter	γ [kN/m ³]	γ' [N/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	k_f [m/s]
Dränmaterial Rundkorn	20,0	10,0	35	0,0	$> 5 \cdot 10^{-3}$
Dränmaterial gebrochen (Schotter)	20,0	10,0	37,5	0,0	$> 5 \cdot 10^{-3}$

Das Dränmaterial muss gegen bindigen Boden filterstabil mit einem Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 (Mindestgewicht 250 g/m²) abgetrennt werden.

3.2.4 Verwendung von Aushub- und Abtragmaterial

Die Weiterverwendung ist abhängig davon, ob ein Zonendamm oder ein homogener Damm gebaut wird. Prinzipiell gilt für beide Dammtypen, dass nichtbindiges Material so weit wie möglich luftseitig eingebaut werden kann; als Drainagematerial ist es allerdings nicht geeignet.

Bindiges Material kann als Verfüllmaterial für den alten Bachlauf, als Abdichtung des neuen Bachbetts oder als Material für den Dichtungsteppich verwendet werden. Darüber hinaus ist es als unterste Schüttlage für den Damm verwendbar. Bei weicher bzw. weich-steifer Konsistenz muss eine Verbesserung durch Einfräsen von Weißfeinkalk erfolgen; ein Mischbinder mit Zementanteil

ist nicht zulässig. Überschlägig kann von einer Zugabemenge von 40 bis 60 kg/m³ ausgegangen werden.

3.3 Dammaufstandsfläche

Die oberflächennah weichen, bindigen Bodenschichten neigen beim Befahren mit schweren Baumaschinen und der damit einhergehenden dynamischen Belastung zum Verbreiten. Wir halten vor Beginn der Arbeiten eine Verbesserung des Planums durch Einfräsen eines hydraulischen Bindemittels (Mischbinder mit 50 bis 70% Kalkanteil) für erforderlich. Bei einer angenommenen Frästiefe von 40 bis 50 cm kann von einer flächenbezogenen Bindemittelmenge von 30 bis 35 kg/m² ausgegangen werden. Detaillierte Angaben können naturgemäß erst unmittelbar vor Ausführung der Arbeiten gemacht werden.

4 Dammstandsicherheit

4.1 Nachweisführung nach DIN 19700

4.1.1 Einwirkungen

Gemäß DIN 19700 T 11, Abschnitt 7.1.2.2 werden die Einwirkungen auf den Staudamm in drei Gruppen unterteilt:

Gruppe 1: **ständige oder häufig wiederkehrende Einwirkungen**

- Eigengewicht des Dammes
- Verkehrslast auf der Dammkrone: $p = 10 \text{ kN/m}^2$
- Wasserdruck und Strömungskraft bei Vollstau $Z_V = 222,00 \text{ m+NHN}$

Gruppe 2: **seltene oder zeitlich begrenzte Einwirkungen**

- Wasserdruck und Strömungskraft
bei Hochwasserstauziel 1 (sofern $Z_{H1} > Z_V$): $Z_{H1} = 222,40 \text{ m+NHN}$
- schnellstmögliche Spiegelabsenkung ab $Z_V (222,00)$
- außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände entfällt
- Betriebserdbeben entfällt

Gruppe 3: **außergewöhnliche Einwirkungen**

- Wasserdruck und Strömungskraft
bei Hochwasserstauziel 2 (sofern $Z_{H2} > Z_{H1}$): $Z_{H2} = 222,60 \text{ m+NHN}$
- Bemessungserdbeben

Außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände sind im vorliegenden Fall nicht gegeben.

Zur Einwirkung Betriebs- / Bemessungserdbeben:

Der Erdbebenfall 1 (Betriebserdbeben) muss nur für Becken mit Dauerstau nachgewiesen werden und entfällt hier. Der Einwirkung Bemessungserdbeben (Erdbebenfall 2) wird eine Jährlichkeit von 1000 Jahren zugrunde gelegt. Gemäß Abschnitt 2.6 muss der Nachweis mit einer Bemessungsbodenbeschleunigung von $a_g \cdot S = 1,24 \text{ m/s}^2$ als quasistatische Ersatzlast geführt werden.

4.1.2 Lastfälle

Die Lastfälle ergeben sich als Kombination der Einwirkungen:

- **Lastfall 1** (Regelkombination)
alle maßgebenden Einwirkungen der Gruppe 1
- **Lastfall 2** (seltene Kombination)
alle maßgebenden Einwirkungen der Gruppe 1 + je eine Einwirkung der Gruppe 2
- **Lastfall 3** (außergewöhnliche Kombination)
alle maßgebenden Einwirkungen der Gruppe 1 + je eine Einwirkung der Gruppe 3

Unter Berücksichtigung der im voranstehenden Abschnitt aufgeführten Einschränkungen reduziert sich der Nachweisumfang auf folgende maßgebende Lastfälle (Bezeichnung gemäß Arbeitshilfe zur DIN 19700):

Einwirkungen		Lastfälle					
		1		2		3	
		1.1	1.2 ⁶	2.2	2.2	3.1	3.2
Gruppe 1	Eigenlast	X	X	X	X	X	X
	Verkehrs- und Auflast	X	X	X	X	X	X
	Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_V	X					
Gruppe 2	Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_{H1}			X			
	schnellstmögliche Spiegelabsenkung				X		
Gruppe 3	Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_{H2}					X	
	Bemessungserdbeben						X
maßgebliche Dammseite (L: Luft-, W: Wasserseite)		L	W	L	W	L	W

6

Es wird hier der ungünstigste Wasserstand zwischen Z_S (trockenes Becken) und Z_V angesetzt. Dieser liegt für Berechnungen auf der Wasserseite bei etwa einem Drittel der Dammhöhe.

4.1.3 Tragwiderstände und Bemessungssituationen

Im Unterschied zur alten Fassung der Norm werden für jeden Lastfall 3 Tragwiderstandsbedingungen (A, B und C) angegeben.

- Tragwiderstandsbedingung A: wahrscheinliche Bedingung
- Tragwiderstandsbedingung B: wenig wahrscheinliche Bedingung
- Tragwiderstandsbedingung C: außergewöhnliche Bedingung

Tragwiderstände sind zum einen die Scherfestigkeiten (Reibungswinkel und Kohäsion) der Dammbauteile und des Untergrundes, zum andern die Wirksamkeit der baulichen Einrichtungen (B: Eingeschränkte Wirkung; C: Ausfall).

Zur Sicherung des luftseitigen Dammfußes wird ein Drainageprisma erforderlich (siehe Abschnitt 3.1). Der Ausfall dieses Sicherungselementes wird rechnerisch als Tragwiderstandsbedingung C berücksichtigt, eine eingeschränkte Wirkung kann rechnerisch nicht erfasst werden. Der Ausfall der Sicherungselemente wirkt sich auf den Durchströmungszustand des Dammes aus und wird rechnerisch untersucht.

In Abschnitt 2.4 werden den Tragwiderständen die charakteristischen Bodenkennwerte zugrunde gelegt. Gemäß DIN 19700-11 entspricht dies der Tragwiderstandsbedingung A (wahrscheinliche Bedingungen). Für die Tragwiderstandsbedingungen B und C wird folgende Abminderung angesetzt:

Parameter	Reibungswinkel φ_k [°]			Kohäsion c_k [kN/m ²]		
	A	B	C1	A	B	C1
Bindige Deckschicht	27,5	27,5	27,5	2	1	0
Sand-Kies-Gemische	32,5	30	27,5	0	0	0
Mürber Granit	40	37,5	35	0	0	0
Kompakter Granit	40	37,5	35	10	7	5
Homogene Dammschüttung	30	30	30	3	2	1
Filter, Drainage	35	35	35	0	0	0

Bei der Abminderung wurde der höhere Streu- bzw. Unsicherheitsfaktor der natürlichen Untergrundschichten und Auffüllungsböden gegenüber den überwacht eingebauten Dammschüttmaterialien berücksichtigt.

Zur Unterscheidung werden die Tragwiderstandsbedingungen C wie folgt bezeichnet:

- TWB C1: reduzierte Bodenkennwerte
- TWB C2: Ausfall des Drainageprismas

Gemäß DIN 19700 Teil 11 sind folgende **Bemessungssituationen** zu untersuchen:

Lastfälle	Bemessungssituationen (BS) für Tragwiderstandsbedingungen		
	A	B	C
LF 1	BS I	BS II	BS III
LF 2	BS II	BS III	-
LF 3	BS III	-	-

Für die Nachweise nach dem Partialsicherheitskonzept werden die Bemessungssituationen der DIN 19700 folgenden Bemessungssituation gemäß EC 7 gleichgesetzt:

- Bemessungssituation BS I: BS-P
- Bemessungssituation BS II: BS-T
- Bemessungssituation BS III: BS-A

Die Nachweise werden mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten geführt.

4.2 Tragsicherheitsnachweise

Gemäß DIN 19700-11 ist die Tragsicherheit des Erddammes gegeben, wenn folgende Nachweise (für alle Bemessungssituationen) erfüllt werden:

- Böschungs- bzw. Geländebruch
- Aufnahme der Spreizspannungen
- Grundbruchsicherheit
- Abschieben des Dammes oder Abschieben von Dammbauteilen
- hydraulischer Grundbruch (Sohlaufbruch) am Dammfuß

4.2.1 Böschungs- bzw. Geländebruchuntersuchungen

Für die Böschungs- und Geländebruchuntersuchungen wird ein aus den Querprofilen 0+040 und 0+060 konstruierter ungünstiger Bemessungsquerschnitt verwendet. In allen sonstigen Querprofilen ist die Standsicherheit höher oder zumindest gleich.

Geohydraulische Voruntersuchungen als Grundlage für die Geländebruchuntersuchungen:

Bei einem Beckeneinstau stellt sich – im Vergleich zu einer rein bindigen Talfüllung – relativ schnell ein Porenwasserdruckanstieg in den grobkörnigen Schichten ein. Das Sickerwasser strömt dann dem an den Kieshorizont angeschlossenen Drainageprisma am luftseitigen Dammfuß zu. Die entsprechende Sickerlinie zur Berechnung der Lastfälle 1.1 und 2.2 konnte im vorliegenden Fall wie folgt abgeschätzt werden: Für LF 1.1 wurde ein unendlich langer Einstau mit

stationärer Sickerlinie angenommen, für LF 2.2 erfolgte die Abschätzung unter Zugrundelegung eines schlagartigen Abstaus auf 217,0 m+NHN nach stationärem Einstau. Die Annahmen liegen somit weit auf der sicheren Seite.

Böschungsbruchberechnungen Damm:

Die Berechnungen lieferten folgende Ergebnisse:

Lastfall	TWB	Beschreibung	Ausnutzungsgrad μ	Anlage Nr.
1.1	A	Einstau auf Z_V (Luftseite)	0,85	4.1.1
	B		0,84	4.1.2
	C1		0,91	4.1.3
	C2		0,86	4.1.4
1.2	A	Einstau auf 1/3 Dammhöhe (Wasserseite)	0,67	4.1.5
	B		0,65	4.1.6
	C1		0,66	4.1.7
2.1	A	Einstau auf Z_{H1} (Luftseite)	0,82	4.1.8
	B		0,87	4.1.9
2.2	A	schnelle Spiegelsenkung (Wasserseite)	0,99	4.1.10
	B		1,02	4.1.11
3.1	A	Einstau auf Z_{H2} (Luftseite)	0,78	4.1.12
3.2	A	Bemessungserdbeben (WS/LS)	0,82	4.1.13

Die Standsicherheiten sind in allen Lastfällen ausreichend; die marginale Überschreitung des zulässigen Ausnutzungsgrades für den Lastfall 2.2. mit der Tragwiderstandsbedingung B kann toleriert werden.

4.2.2 Aufnahme der Spreizspannungen

Die Aufnahme der Spreizspannungen kann besonders bei oberflächennah schlechten Baugrundverhältnissen und böschungsparell durchströmtem Dammkörper (Einwirkung schnelle Spiegelsenkung) problematisch werden. Unabhängig vom Dammquerschnitt wird hier die ungünstigste Einwirkungskombination, der Lastfall 2.2 mit schneller Spiegelsenkung, untersucht.

Der Nachweis erfolgte nach den Diagrammen von KAST/BRAUNS und ergibt für die unter 1 : 3 geneigten Böschungen eine ausreichende Standsicherheit (Anlage 4.2).

4.2.3 Andere Nachweise

Die Nachweise **Grundbruchsicherheit** und **Abschieben** des Dammes liefern erst bei Böschungen steiler als $1 : n = 1 : 2$ und sehr schlechtem Baugrund grenzwertige Sicherheiten. Im vorliegenden Fall erübrigt sich der Nachweis.

Die Gefahr eines **hydraulischen Grundbruchs (Sohlaufbruch)** am Dammfuß besteht nur bei Ausfall des am kiesigen Untergrund angeschlossenen Dränageprismas (TWB C2). Die zugehörige Geländebruchberechnung berücksichtigt den artesischen Wasserdruck und berechnet somit auch den Sohlaufbruch.

4.3 Gebrauchstauglichkeitsnachweise

Hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit sind folgende Nachweise zu führen

- Verträglichkeit der Dammverformung (Setzung)
- Suffosionsstabilität
- Suberosion

4.3.1 Verträglichkeit der Dammverformung (Setzung)

Die Dammsetzungen wurden im Profil ca. 0+050 untersucht, die Berechnungen gelten allerdings auch für den Bereich des Auslassbauwerkes. Das untersuchte System sowie die Ergebnisse sind in Anlage 5 dargestellt. Demnach ist mit Konsolidierungssetzungen des Untergrundes von $s_{\max} \cong 5 \text{ cm}$ zu rechnen; davon resultieren etwa 50% aus der Zusammendrückung der oberflächennahen bindigen Schicht. Mindestens die Hälfte der Setzungen der Schluffschicht wird sich bereits im Zuge der Lastaufbringung einstellen, die Setzungen aus den nichtbindigen Schichten werden ohne Zeitverzögerung mit der Lastaufbringung eintreten.

Die Setzungen durch die Eigenkonsolidation des Schüttmaterials werden bei gemischtkörnigem Material zu etwa 0,2 bis 0,3% der Schütthöhe geschätzt. Es ist daher von maximalen Gesamtsetzungen der Dammkrone in der Größenordnung von bis zu 7 cm auszugehen, wovon sich ein bedeutender Teil, wie bereits oben erwähnt, bereits im Zuge der Lastaufbringung einstellen wird.

Die Setzungen schränken die Gebrauchstauglichkeit des Dammes nicht ein und können aus unserer Sicht hingenommen werden.

4.3.2 Suffosionsstabilität

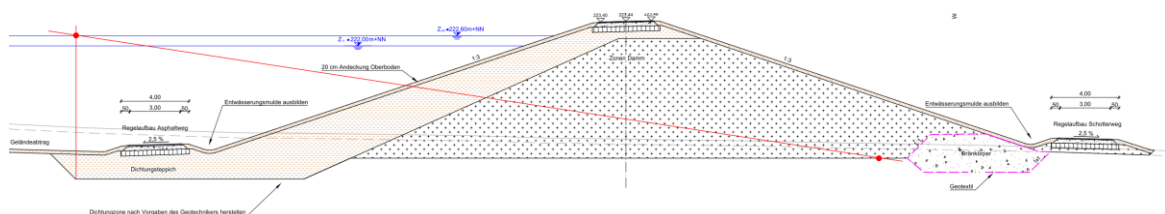
Die bindigen Deckschichten sind nicht suffosionsgefährdet. Die gemischtkörnigen und die nichtbindigen Materialien weisen gemäß den durchgeführten Analysen eine stetige Kornverteilungslinie ohne Ausfallkörnung auf. Bei derartigen Böden kann aufgrund der Kornstruktur bei Durchströmung kein Materialtransport stattfinden. Eine Suffosiongefahr besteht nicht.

4.3.3 Suberosion

Eine Gefährdung der Dammsicherheit kann durch Erosionsvorgänge unterhalb der bindigen Deckschichten eintreten. Dabei entstehen durch vorhandene Wegigkeiten in den bindigen Deckschichten (Wurzel- oder Wühltiergänge) Erosionskanäle, die sich unterhalb der bindigen Deckschicht mit progressivem Verlauf verlängern und aufweiten.

Die Sicherheit gegen diese Erosionskanalbildungen wird mittels eines Kontrollgefälles nachgewiesen. Dieses wird durch eine landseitig geneigte Gerade charakterisiert, die am Beginn des wasserseitigen Dichtungsteppichs auf der Höhe des Bemessungswasserspiegels beginnt und das luftseitige Gelände in einem gewissen Abstand zum Böschungsfuß schneidet.

Die Neigung der Kontrollgefällelinie wird nach MÜLLER-KIRCHENBAUER durch die im Dammlager anstehenden Untergrundverhältnisse bestimmt. Im vorliegenden Fall kann ein zulässiges Kontrollgefälle von $i_{zul} = 0,15$ angesetzt werden. Wie aus nachfolgender Abbildung ersichtlich, verläuft die Kontrollgefällelinie unter Gelände bzw. unter der Böschungsoberfläche, eine Suberosionsgefährdung besteht somit nicht.



5 Auslassbauwerk

5.1 Baugrube und Wasserhaltung

Das Auslassbauwerk ist in Form eines ca. 49 m langen und 7 m breiten Troges mit einer lichten Breite von 2 x 4 m geplant, der vom wasserseitigen bis zum luftseitigen Dammfuß verläuft. Die Unterkante der Bodenplatte liegt im Einlaufbereich auf 212,8 m+NHN und fällt nach Unterstrom auf 212,3 m+NHN ab.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung gründet das Bauwerk durchgehend in gut tragfähigen Kies-Sand-Geröll-Gemischen. Damit stellen sich die Baugrundverhältnisse hinsichtlich der Aufnahme der Bauwerkslasten als günstig dar. Die im Zuge der Erkundung angetroffenen Grundwasserstände (ca. 212,0 m+NHN in BK 1 und 211,5 m+NHN in BK 2) lagen noch unterhalb der Bodenplattenunterkante. Es ist allerdings zu bedenken, dass die Bohrungen im Mai 2018 ausgeführt wurden; zu diesem Zeitpunkt lagen die Grundwasserstände bereits auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau.

Geböschte Baugrube ohne Verbau

Da der Bach in ausreichendem Abstand zur Baugrube verläuft, bestehen zumindest aus Platzgründen keine Einschränkungen gegen eine geböschte Baugrube, deren Böschungen unter 40 bis max. 45° angelegt werden können.

Solange die Grundwasserverhältnisse sich nicht grundsätzlich ungünstiger als bei der Erkundung darstellen, ist eine offene Wasserhaltung an der Baugrubensohle ausreichend. Dazu sind an den Längsseiten Drainagegräben zur Fassung zusickernden Wassers anzulegen.

5.2 Gründung

Wie bereits oben beschrieben, stehen im Bereich der Gründungssohle durchgehend gut tragfähige Böden an. Auf Bodenaustauschmaßnahmen kann nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung verzichtet werden. Hier sind, bedingt durch große Blöcke und Gerölle im Baugrund, allenfalls Ausgleichsmaßnahmen zur Herstellung einer ebenen Sohle erforderlich.

Eine Angabe zulässiger Bodenpressungen ist wegen der vergleichsweise großen Einbindetiefe nicht sinnvoll. Die Setzungen, die das Auslassbauwerk erfährt, sind Mitnahmesetzungen der Dammauflast. Nach den Setzungsberechnungen in Anlage 5 können sich auf Höhe der

Gründungssohle des Bauwerks Setzungen aus den Schichten 2 und 3 gemäß Anlage 5.1 von ca. 2 cm einstellen. Zur Bemessung der Bodenplatte kann ein Bettungsmodul von $k_s = 25 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz gebracht werden.

Um einen möglichst dichten Verbund zwischen Bauwerk und Dammschüttung zu gewährleisten, hat sich in der Vergangenheit ein leichter Anzug der Außenwände bewährt; angesichts der relativ geringen Setzungen erscheint er im vorliegenden Fall allerdings nicht zwingend erforderlich.

5.3 Unterströmungs- und Umströmungssicherung

Zur Verhinderung konzentrierter **seitlicher Umströmungen** um das Auslassbauwerk sind Flügelwände vorzusehen, die in der Stauwandebene anzuordnen sind und 5 m in den Damm hineinreichen (rechnerische Mindesteinbindung gemäß Anl. 4.3.1: 4,64 m). Sie sind dicht an die Bauwerksaußenwände anzuschließen und bis auf ein Niveau von etwa 50 cm unter Dammkrone zu führen. Der Nachweis der konzentrierten Umströmung nach Chugaev liegt in Anlage 4.3.1 bei.

Als **Unterströmungssicherung** ist nach den Berechnungen in Anl. 4.3.2 eine 1,5 m unter die Bodenplatte und die Flügelwände reichende Dichtwand anzuordnen, die im vorliegenden Fall als Spundwand ausgeführt werden kann. Ein dichter Anschluss an die Unterkante der Flügelwände und an die Bodenplatte ist zwingend erforderlich.

5.4 Baugrubenverfüllung und Erddruckbelastung

Die Verfüllung der Baugrube ist Teil des Dammkörpers und muss bei einem Zonendamm entsprechend den Material- und Verdichtungsanforderungen nach Abschnitt 3.2.1 luftseitig aus Stützkörpermaterial und wasserseitig aus Dichtungsmaterial erfolgen. Bei einem homogenen Damm ist die Arbeitsraumverfüllung mit Material gemäß Kap. 3.2.2 möglich.

Auf die unverschieblichen Bauwerkswände wirkt der Erdruchdruck. Der Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085 ist zu berücksichtigen.

6 Talflanken, Verfüllung altes Bachbett

Talflanken

Vom LGRB wurde in der Stellungnahme vom 06.11.2017 darauf hingewiesen, dass unter Umständen mit der Gefahr von Steinschlag und Felssturz zu rechnen ist. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Erkundungsbohrungen sind die beidseitig des Einstaubereiches anstehenden steilen Talflanken vor allem bei absinkendem Wasserspiegel nach einem Einstau nicht

standsicher; der rechnerische Ausnutzungsgrad liegt weit über 100%. Um hier die Gefahr von Steinschlag und Felssturz auszuschließen, ist oberstrom des Dammbauwerks eine Vorschüttung zwingend erforderlich.

Nach uns vorliegenden Daten sind für die Absinkgeschwindigkeit folgende Werte anzunehmen:

zwischen 223 und 221 m+NHN: maximal 1,2 m/h ($3,3 \cdot 10^{-4}$ m/s)

zwischen 221 und 219 m+NHN: maximal 2,0 m/h ($5,6 \cdot 10^{-4}$ m/s)

zwischen 219 und 216 m+NHN: maximal 6,0 m/h ($1,7 \cdot 10^{-3}$ m/s)

Um ein ausreichend schnelles Absinken der Sickerlinie in der Vorschüttung sicherzustellen, muss die Durchlässigkeit des Vorschüttmaterials mindestens so hoch sein wie die Absinkgeschwindigkeit des Beckenwasserstandes. Dies ist nur bei einem grobkörnigen Material mit sehr geringem Feinkornanteil (< 5%) zu erwarten. Da die Vorschüttung gleichzeitig eine hohe Scherfestigkeit aufweisen muss, ist zwingend gebrochenes Material erforderlich; hier kann z.B. Schotter 0/45 bis 0/80 mit einem Feinkornanteil < 5% verwendet werden. Mit einem solchen Material kann die Vorschüttung mit einer Böschungsneigung von 1 : 2 lagenweise aufgebaut werden.

Hinsichtlich der Standsicherheit der Vorschüttung wäre es optimal, auf jedwede Abdeckung bzw. Überschüttung zu verzichten. Soll die Vorschüttung begrünt werden, ist im vorliegenden Fall eine Anspritzbegrünung zu empfehlen. Eine Bepflanzung der Vorschüttung mit Bäumen und größeren Sträuchern ist nicht zulässig; deren natürliche Ansiedlung muss durch entsprechende Pflege vermieden werden.

Verfüllung altes Bachbett

Zuvor muss das ausgeräumte alte Bachbett verfüllt werden. Im Bereich der Dammaufstandsfläche und des Dichtungsteppichs müssen zur Verhinderung einer Unterströmung des Dammes Wasserwegigkeiten innerhalb der Verfüllung vermieden werden, ist hier ein Material mit relativ hohem Feinkornanteil zu verwenden. Grundsätzlich geeignet ist der bindige Geländeabtrag, der ggf. durch Zugabe eines hydraulischen Bindemittels zu verbessern ist. Alternativ kann ein Material mit einem Feinkornanteil von mindestens 25% und einer weitgestreckten Körnungslinie eingesetzt werden, das den folgenden Anforderungen genügt.

Materialanforderungen	Richtwert
Bodengruppe nach DIN 18 196	GU*/GT*, SU*/ST*
Feinkornanteil ($d \leq 0,063$ mm)	≥ 25 %
Gehalt an organischen Stoffen	≤ 3 %

Als Mindestverdichtungsgrad gilt 97% der einfachen Proctordichte.

Außerhalb des o.g. Bereiches kann auch mit nichtbindigem Geländeabtrag verfüllt werden.

7 Anschluss Damm an die Talflanken

Um eine Umströmung des Dammes in den Talflanken zu verhindern, sind die hier oberflächlich anstehenden durchlässigen Böden, die in einer Mächtigkeit von ca. 1,5 m erwartet werden, durch eine Sickersperre abzudichten.

Als Sickersperre ist hier ein **Dichtungssporn** geeignet, der vom Beckenboden bis auf Höhe des Bemessungswasserstandes reicht und nahtlos in die Dammschüttung (beim Zonendamm Anschluss an die Dichtung) übergeht. Der Sporn kann als mit Dichtungsmaterial verfüllter Graben ausgeführt werden. Die Sohlbreite des Grabens muss mindestens 1,5 m betragen. Mit dem Lösen von Fels ist hier zu rechnen. Die Material- und Einbauanforderungen entsprechen denen für mineralisches Dichtungsmaterial (Abschnitt 3.2.1). Die erforderliche Tiefe des Sporns konnte wegen der Unzugänglichkeit der steilen Böschungen für Bohrgeräte nicht erkundet werden und kann deshalb erst im Zuge der Bauausführung angegeben werden; sie kann vorab mit 1 bis 1,5 m angenommen werden.

8 Abdichtung neues Gewässerbett und Abgrabungen

Die Sohle des neuen Bachlaufes wird nach den Ergebnissen der Schürfen in den vergleichsweise durchlässigen sandigen Schichten liegen. Um eine Versickerung von Bachwasser zu verhindern, ist an der neuen Gewässersohle und in den innerhalb der durchlässigen Schichten liegenden Böschungen eine 30 cm starke bindige Dichtungslage einzubauen, die mit einer erosionssicheren Steinschüttung geschützt wird. Zwischen Steinschüttung und bindiger Dichtungslage muss zur filterstabilen Trennung dieser beiden Materialien ein Geotextil (Robustheitsklasse GRK 3) verlegt werden.

Bei den Abgrabungen oberstrom des Dichtungsteppichs ist davon auszugehen, dass diese bis in den nichtbindigen und damit durchlässigen Boden eingreifen. Um im Einzelfall eine Versickerung von Beckenwasser und eine damit einhergehende Unterströmung des Dammes möglichst gering zu halten, muss nach erfolgter Abgrabung vollflächig bindiger Oberboden in einer Mindeststärke von 40 bis 50 cm aufgebracht werden. Wenngleich dadurch eine Versickerung und Unterströmung des Dammes nicht verhindert werden kann, ist durch den in Kap. 3.1 beschriebenen Dichtungsteppich eine Begrenzung des hydraulischen Gradienten sichergestellt.

9 Arsen-Problematik

Vom Landratsamt Ortenaukreis wurden Bodenuntersuchungen hinsichtlich der geogenen Arsenproblematik durchgeführt. Dabei wurden geogen bedingte Konzentrationen bis maximal 33,3 mg/kg TS festgestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse könnte zur Herstellung des Dammbauwerks auch ortsfremdes mineralisches Material mit erhöhten Arsengehalten verwendet werden. Entsprechendes Material bedarf jedoch der Zustimmung des LRA zur Verwertung.

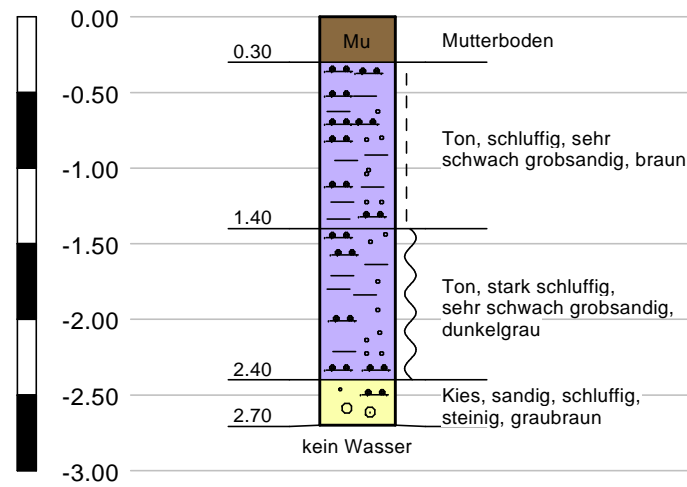
Klaus-M. Gottheil

Dipl.-Ing. Klaus-M. Gottheil



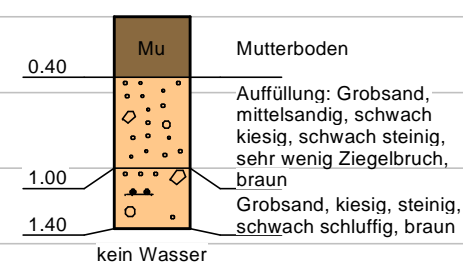
Schurf 1

0,00



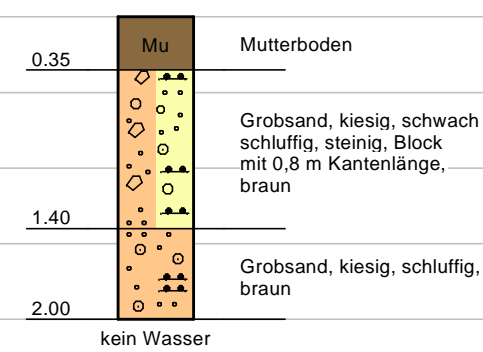
Schurf 2

0,00



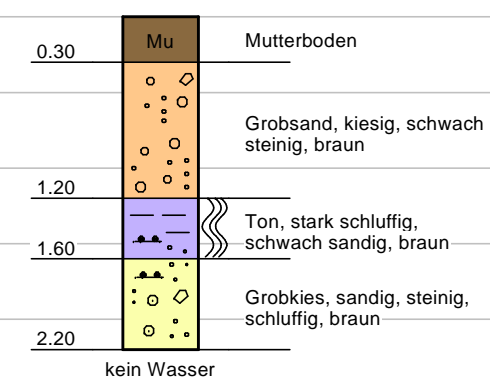
Schurf 3

0,00



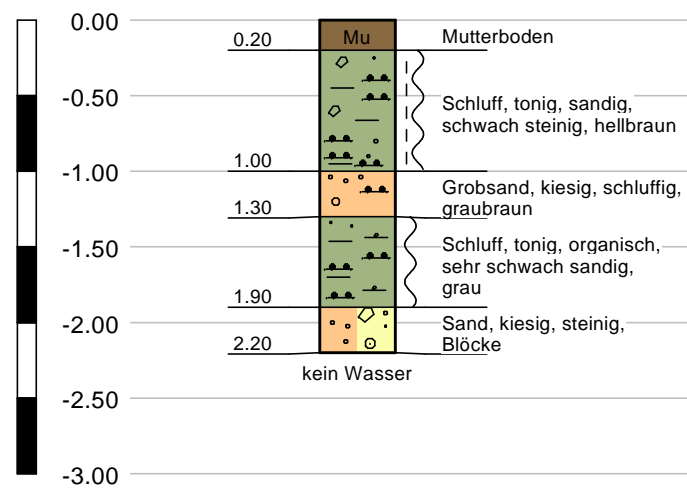
Schurf 4

0,00



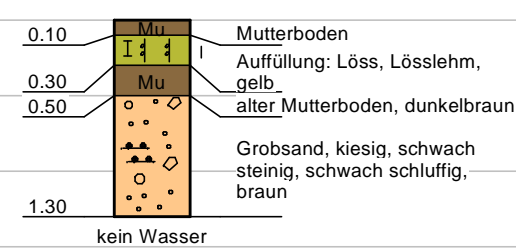
Schurf 5

0,00



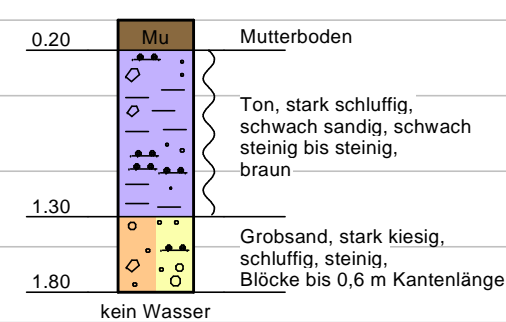
Schurf 6

0,00



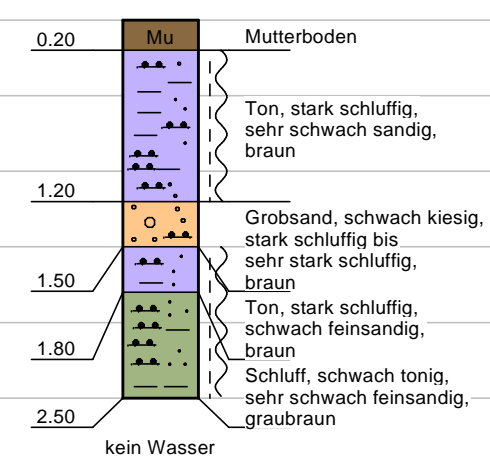
Schurf 7

0,00

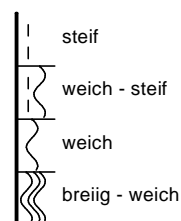


Schurf 8

0,00



Legende



Datei: 9172A02G_An1_2_1_Schuerfprofile.bop



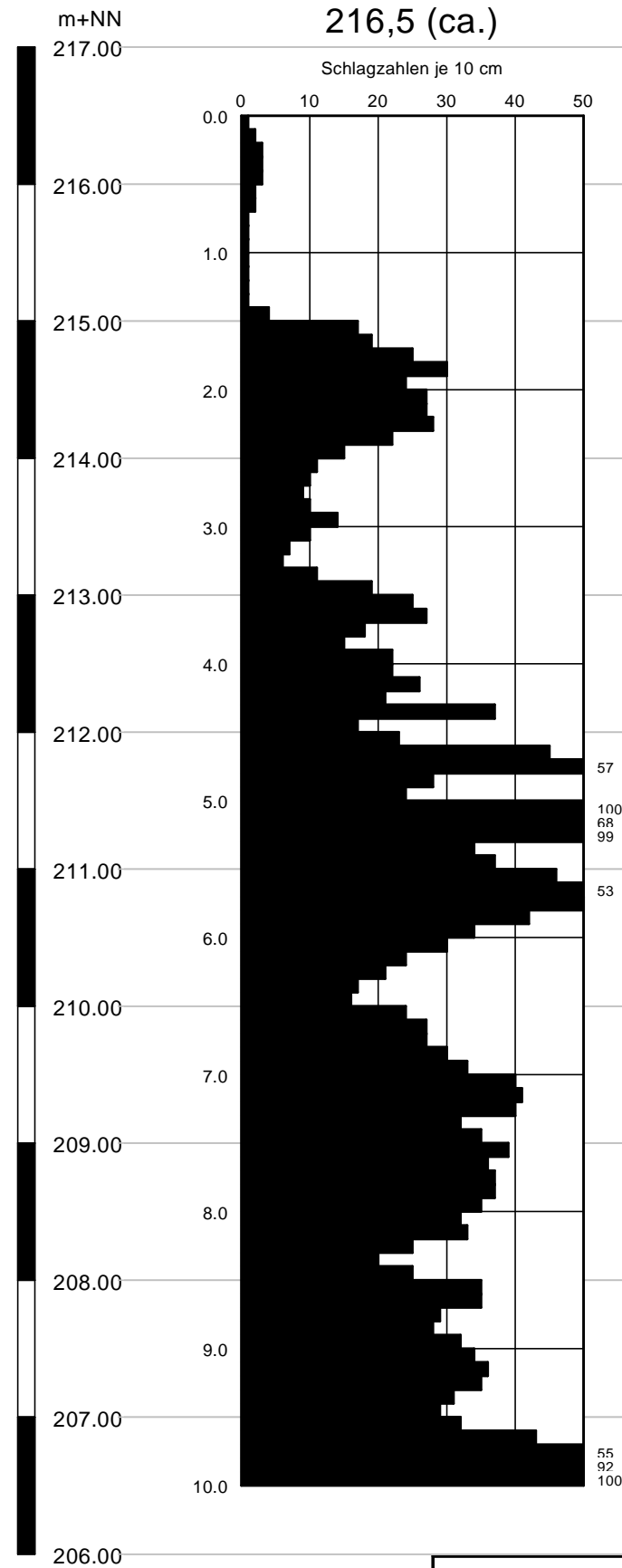
Ingenieurgesellschaft Kärcher
GmbH & Co. KG
Institut für Geotechnik
Heidengass 16
76356 Weingarten/Baden
Tel. 07244/7013-0 Fax -17
eMail: info@kaercher-geotechnik.de

HRB Ohlsbach
Baugrunderkundung 2018
Baggerschürfen Talsohle

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet
9172	2.1	1 : 50	31.03.2018	Gh

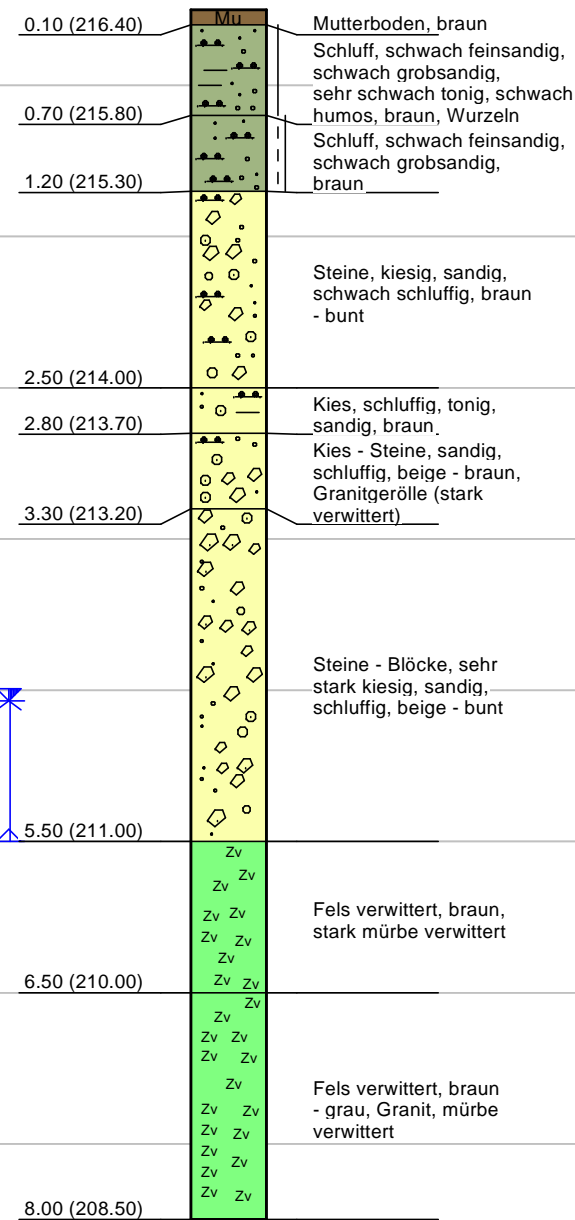
DPH 1

216,5 (ca.)



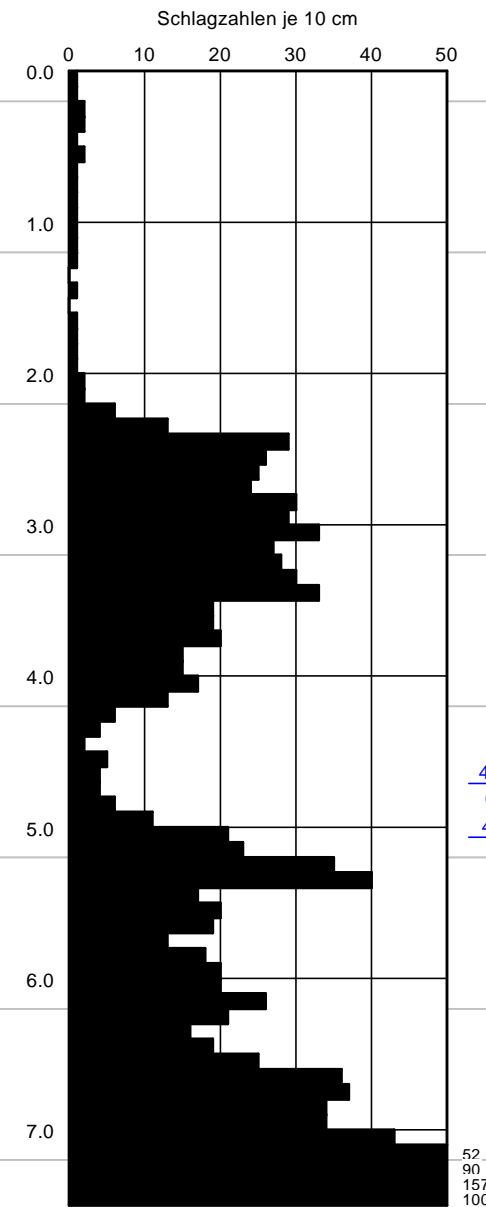
BK 1

216,5 (ca.)



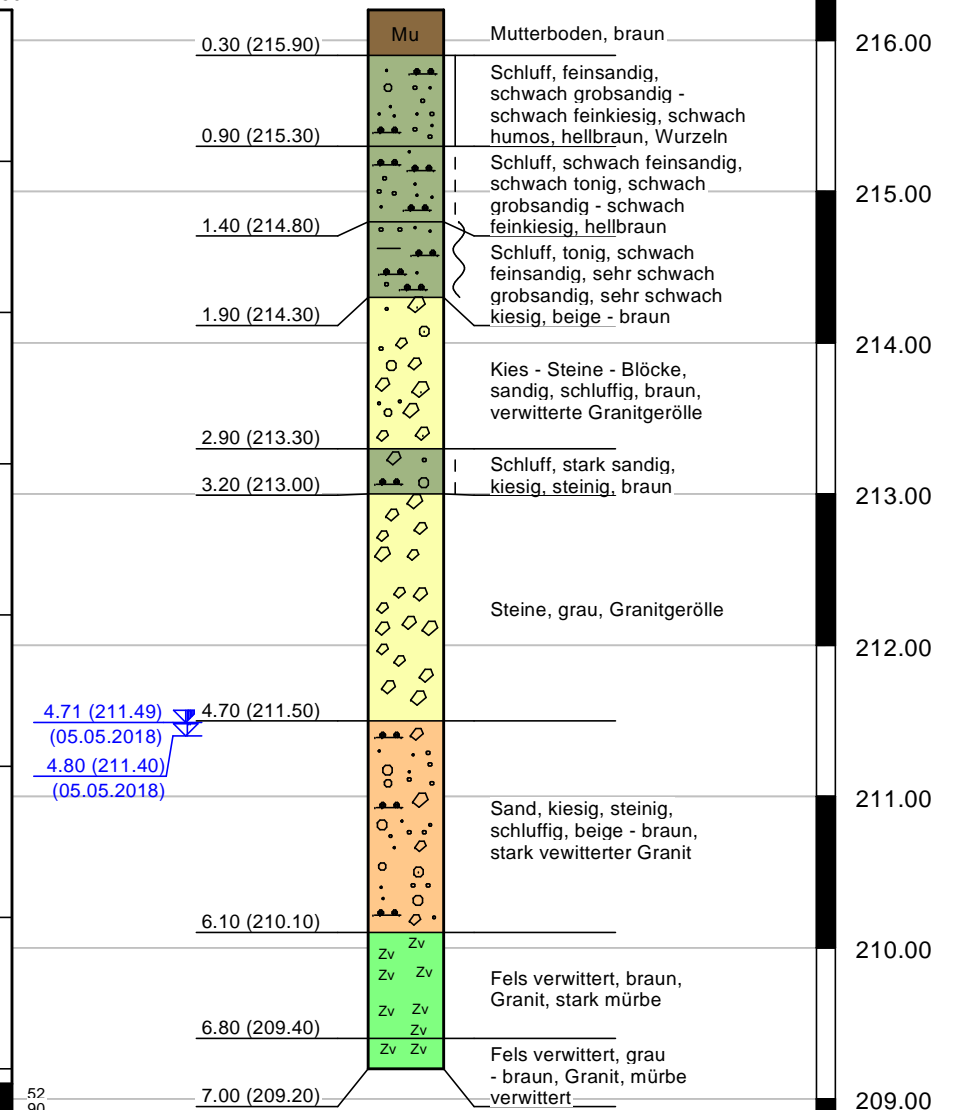
DPH 2

216,2 (ca.)

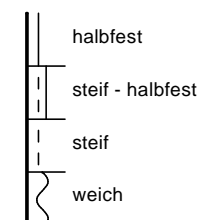


BK 2

216,2 (ca.)



Legende



Tiefe ▼ GW angetroffen
Datum

Tiefe ▼ GW nach Bohrende
Datum

Tiefe ▼ GW Ruhe
Datum

Datei: 9172A02G_An1_2_2_Bohrungen_Talsole.bop



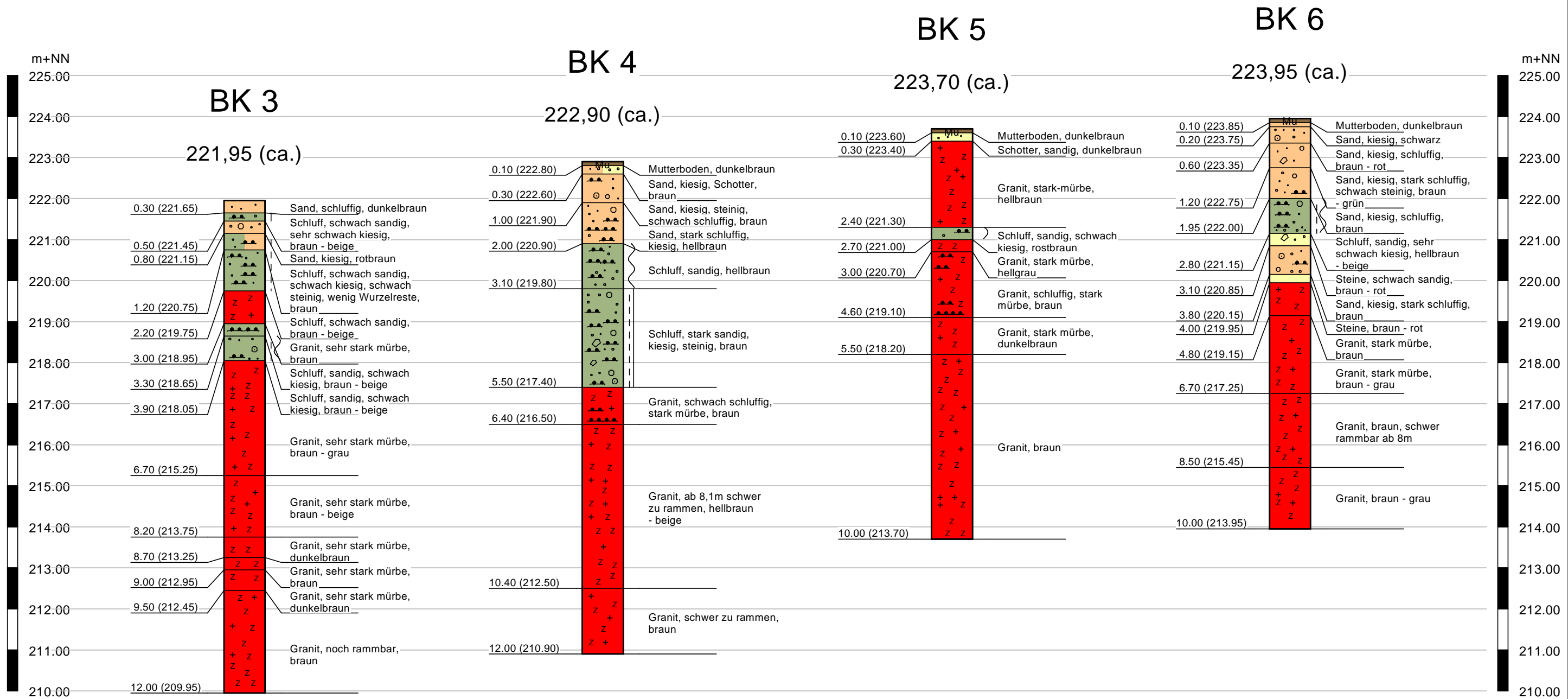
Ingenieurgesellschaft Kärcher
GmbH & Co. KG
Institut für Geotechnik

Heidengass 16
76356 Weingarten/Baden

Tel. 07244/7013-0 Fax -17
eMail: info@kaercher-geotechnik.de

HRB Ohlsbach
Baugrunderkundung 2018
Bohrungen und Rammsondierungen Talsole

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet
9172	2.2	1 : 50	12.06.2018	Gh



Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich

Tiefe ▾ Datum GW angetroffen
Tiefe ▾ Datum GW nach Bohrende
Tiefe ▾ Datum GW Ruhe

BK 9

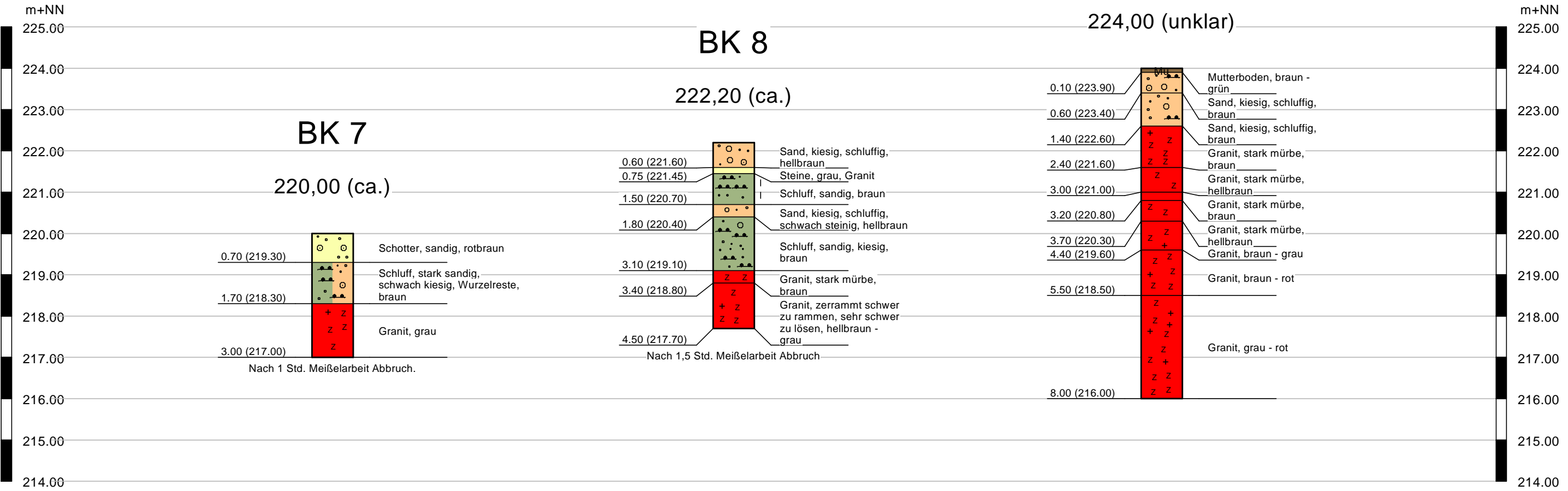
224,00 (unklar)

BK 8

222,20 (ca.)

BK 7

220,00 (ca.)



Legende

steif

Tiefe

Datum

Tiefe

Datum

Tiefe

Datum

GW angetroffen

GW nach Bohrende

GW Ruhe

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT

KÄRCHER

INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Ingenieurgesellschaft Kärcher GmbH & Co. KG

Institut für Geotechnik

Heidengass 16

76356 Weingarten/Baden

Tel. 07244/7013-0 Fax -17

eMail: info@kaercher-geotechnik.de

HRB Ohlsbach

Baugrunderkundung 2018

Bohrungen rechte Böschung

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet
9172	2.4	1 : 100	18.06.2018	Gh

Bohrung 1 (0,0 – 8,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 1	
	Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.1	
	Maßstab: -	Bearbeiter: Gh		

Bohrung 2 (0,0 – 7,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 2	
	Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.2	
	Maßstab: -	Bearbeiter: Gh		

Bohrung 3 (0,0 – 12,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 3	
	Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018
			Maßstab: -	Bearbeiter: Gh
				Anlage 2.5.3

Bohrung 4 (0,0 – 12,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 4	
	Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.4	
	Maßstab: -	Bearbeiter: Gh		

Bohrung 5 (0,0 – 10,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 5	
	Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.5	
	Maßstab: -	Bearbeiter: Gh		

Bohrung 6 (0,0 – 10,0 m)



IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER

INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Ingenieurgesellschaft Kärcher

Institut für Geotechnik

Heidengass 16

76356 Weindarten / Baden

Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317

eMail: info@kaercher-geotechnik.de

Internet: www.kaercher-geotechnik.de

HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018

Fotodokumentation Bohrung 6

Projekt-Nr.: E 9171

Datum: 12.06.2018

Anlage 2.5.6

Maßstab: -

Bearbeiter: Gh

Bohrung 7 (0,0 – 3,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 7	
	Projekt-Nr.: E 9171		Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.7
	Maßstab: -		Bearbeiter: Gh	

Bohrung 8 (0,0 – 4,5 m)



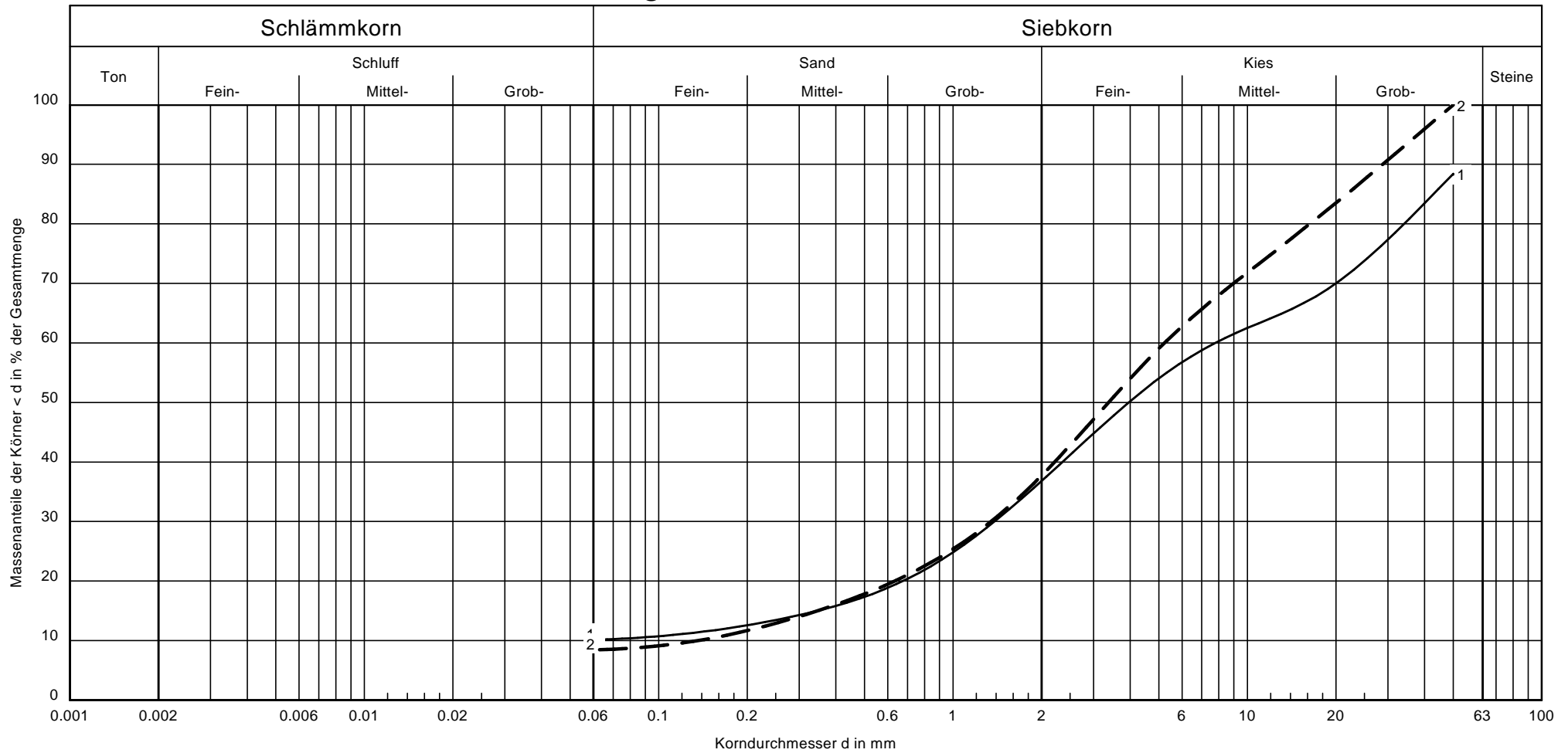
IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 8	
	Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.8	
	Maßstab: -	Bearbeiter: Gh		

Bohrung 9 (0,0 – 8,0 m)



IGK <small>INGENIEURGESELLSCHAFT</small> KÄRCHER <small>INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small>	Ingenieurgesellschaft Kärcher Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weindarten / Baden Tel.: 07244/7013-0 Fax: 07244/701317 eMail: info@kaercher-geotechnik.de Internet: www.kaercher-geotechnik.de		HRB Ohlsbach, Baugrunderkundung 2018 Fotodokumentation Bohrung 9	
	Projekt-Nr.: E 9171	Datum: 12.06.2018	Anlage 2.5.9	
	Maßstab: -	Bearbeiter: Gh		

Körnungslinie nach DIN 18 123



Signatur	Aufschluss:	Tiefe:	k-Wert	U/Cc	T / U / S / G [%]:	d 10	d 15	d 20	d 60	d 85	Ingenieurgesellschaft Kärcher Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 7013-17 IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER INSTITUT FÜR GEOTECHNIK			
—	Sch 4	0,3 - 1,2	-	-/-	- /10.1/26.7/63.2	-	0.3462	1.3837	3.9564	7.7945				
- - -	Sch 6	0,5 - 1,3	$1.1 \cdot 10^{-4}$	38.6/2.6	- /8.5/29.2/62.3	0.1357	0.3464	1.3476	3.3834	5.2340	HRB Ohlsbach			
											Projekt-Nr.: 9172	Datum: 05.04.2018	Bearbeiter: Gh / Ka	Anlage: 3

Bestimmung der Atterbergschen Grenzen / Diagramm

IGK

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik

76356 Weingarten, Heidengass 16 Tel 07244/7013-0 Fax
76744 Wörth-Schaidt, Hauptstr. 152 Tel 06340/508070-1 Fax

Proj.: HRB Ohlsbach

Be: Gh/Ka

E 9172

Anl.:

3.2

05.04.2018

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
mbH
INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Entnahmestelle	Symb.	Tiefe [m]		Fließgrenze W_L [%]	Ausrollgrenze W_P [%]	Wassergehalt W_N [%]	Konsistenz I_C [%]	Plastizität I_P [%]
Sch 1	□	0,30	1,40	36,7	21,8	23,2	90,2	15,0
Sch 8	△	0,20	1,20	36,5	22,9	26,0	76,8	13,6

Zustandsform

Symb.	flüssig	breiig	weich	steif	halbfest	fest
□						
△						

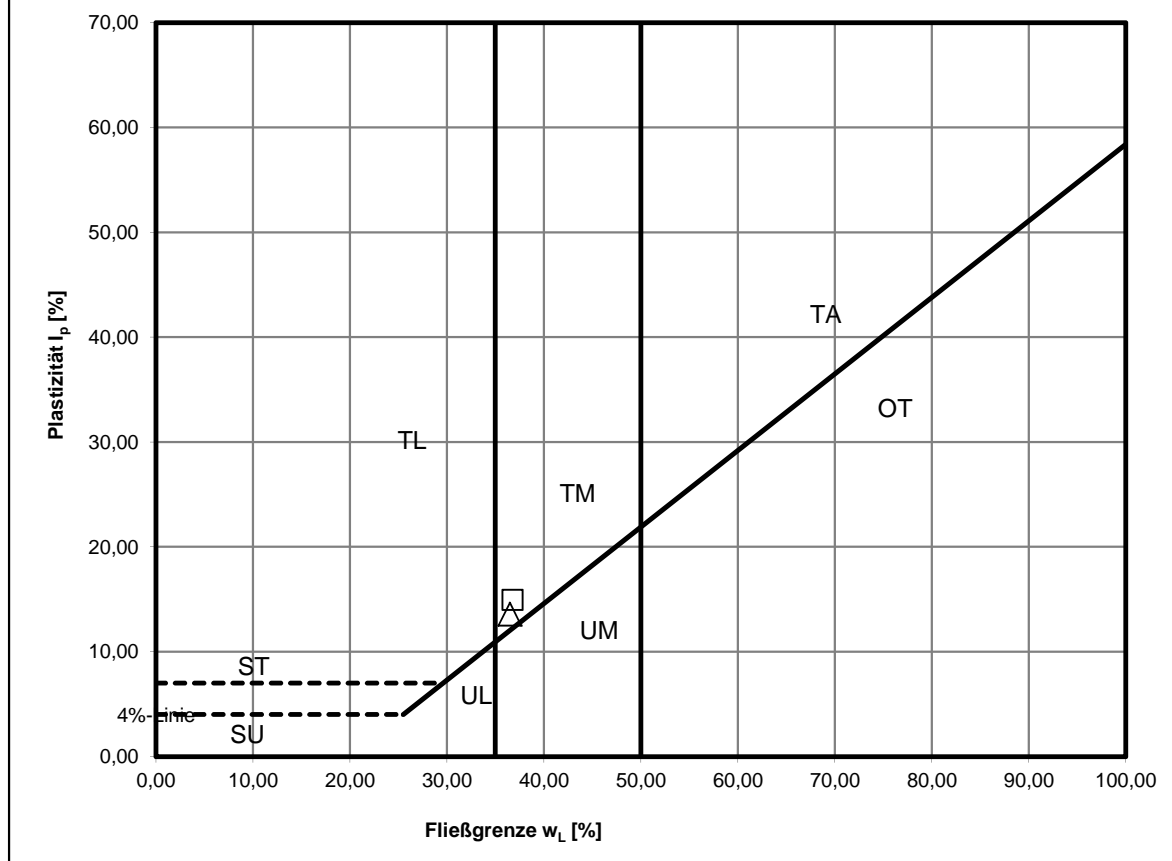
[I_C] 0 0,5 0,75 1

Plastizitätsbereich ($w_L - w_P$) und natürlicher Wassergehalt (w_N) in %

Symb.	10	20	30	40	50	60	70	80
□								
△								

w [%] 10 20 30 40 50 60 70 80

Plastizitätsdiagramm



Bestimmung der Atterbergschen Grenzen / Diagramm

IGK

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik

76356 Weingarten, Heidengass 16 Tel 07244/7013-0 Fax
76744 Wörth-Schaidt, Hauptstr. 152 Tel 06340/508070-1 Fax

Proj.: HRB Ohlsbach

Be: Gh/Ka

E 9172

Anl.:

3.3

25.07.2018

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
mbH
INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Entnahmestelle	Symb.	Tiefe [m]		Fließgrenze W_L [%]	Ausrollgrenze W_P [%]	Wassergehalt W_N [%]	Konsistenz I_C [%]	Plastizität I_P [%]
von	bis							
BK 1	□	0,70	1,20	38,2	23,3	22,2	106,8	15,0
BK 2	△	1,40	1,90	30,4	21,1	24,7	61,6	9,3

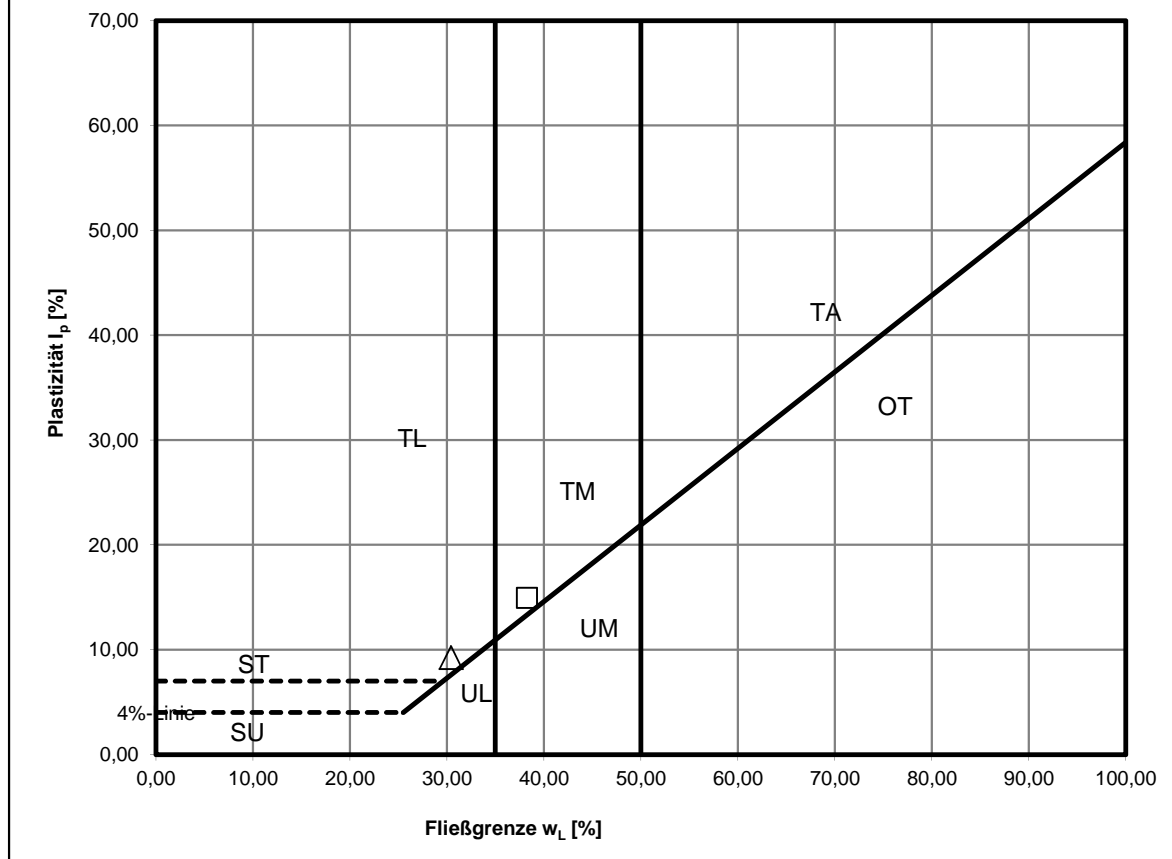
Zustandsform

Symb.	flüssig	breiig	weich	steif	halbfest	fest
□						
△						
	[I _c]	0	0,5	0,75	1	

Plastizitätsbereich ($w_L - w_P$) und natürlicher Wassergehalt (w_N) in %

Symb.	10	20	30	40	50	60	70	80
□								
△								
	w [%]							

Plastizitätsdiagramm



SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Güttinger Straße 37 D-78315 Radolfzell

Prüfbericht 3816450

Auftrags Nr. 4551553

Kunden Nr. 10032817



Herr Peter Breig
Telefon +49 7732/94162-30
Fax +49 89/125040640-90
peter.breig@sgs.com

Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Güttinger Straße 37
D-78315 Radolfzell

Radolfzell, den 14.05.2018

Ihr Auftrag/Projekt: Ohlsbach

Ihr Bestellzeichen: --- La

Ihr Bestelldatum: 08.05.2018

Prüfzeitraum von 09.05.2018 bis 14.05.2018

erste laufende Probenummer 180449455

Probeneingang am 09.05.2018

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Peter Breig
Projektleiter

i.A. Björn Menberg
Projektleiter

Seite 1 von 2

Ohlsbach
--- La

Prüfbericht Nr. 3816450
Auftrag Nr. 4551553

Seite 2 von 2
14.05.2018

Proben durch IF-Kurier abgeholt Matrix: Wasser

Probennummer 180449455
Bezeichnung BK 1
05.05.2018

Eingangsdatum: 09.05.2018

Parameter	Einheit	Bestimmungsgrenze	Bestimmungsmethode	Lab
-----------	---------	-------------------	--------------------	-----

Untersuchungsergebnisse :

pH-Wert		6,9	0,1	DIN 38404-5	HE
Leitfähigkeit bei 25° C	µS/cm	162	3	DIN EN 27888	HE
Chlorid	mg/l	4,9	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat	mg/l	13	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	< 0,04	0,04	DIN EN ISO 11732	HE
Gesamthärte als CaO	mg/l	35,9		DIN 38409-7	HE
Nichtcarbonathärte	mg/l	5,06		DIN 38409-7	HE
Hydrogencarbonathärte	mg/l	30,84		DIN 38409-7	HE
Kohlensäure, kalklösend	mg/l	39,6	3,0	DIN 4030-2	HE

Metalle :

Eisen, ges.	mg/l	0,02	0,01	DIN EN ISO 11885	HE
Magnesium	mg/l	4,30	0,05	DIN EN ISO 11885	HE
Mangan	mg/l	0,33	0,005	DIN EN ISO 11885	HE

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgs-group.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Beurteilung der Betonaggressivität von Grundwasser nach DIN 4030-1:2008-06 und Zuordnung der Expositionsklasse von Beton für chemischen Angriff nach DIN EN 206:2017-01, Tabelle 1.

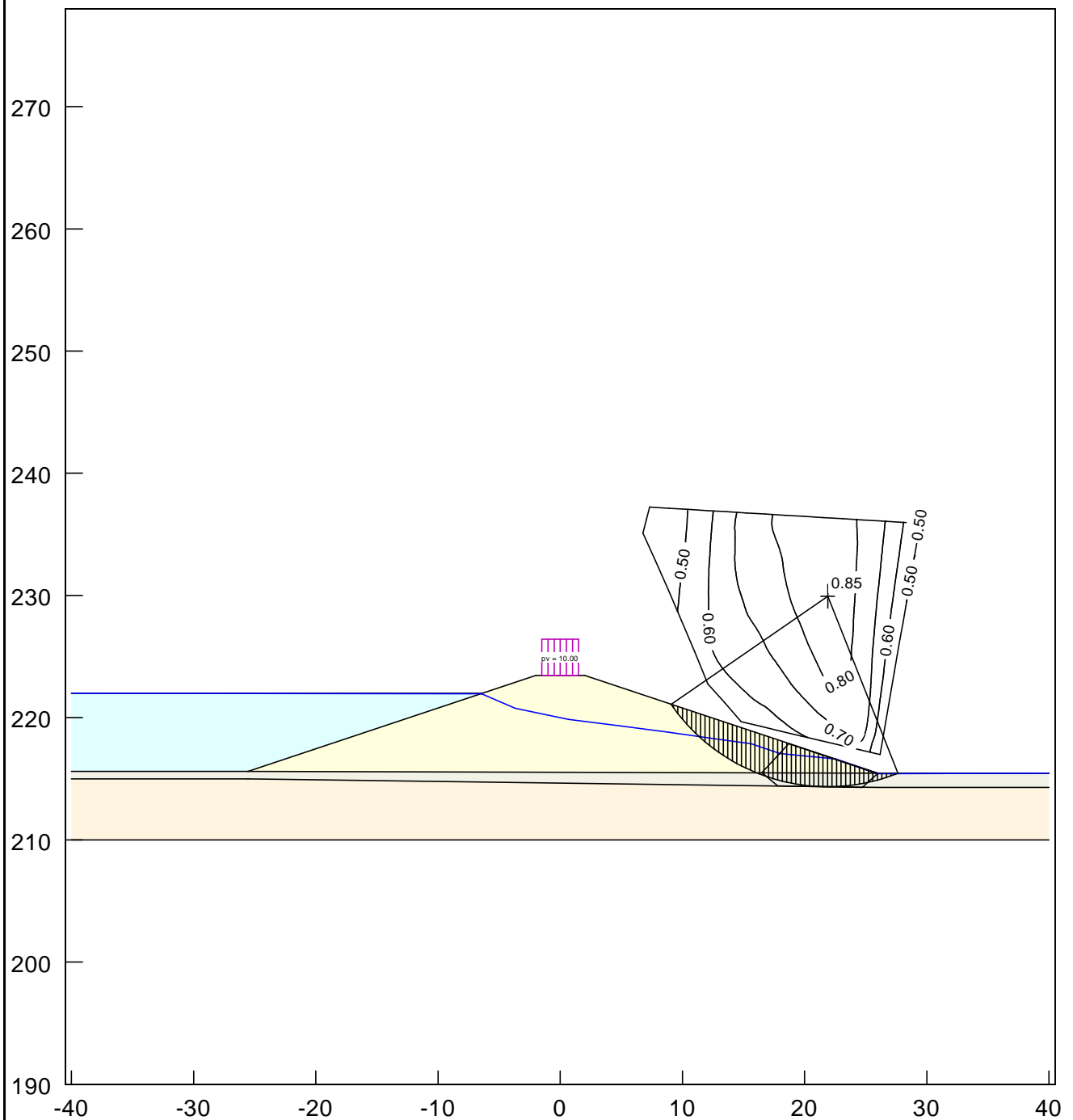
Bauvorhaben: Ohlsbach A-Nr.: 18-0150
 Analysiert durch: SGS Institut Fresenius GmbH Datum Probennahme:
 Grundwassermessstelle BK 1 Datum der Prüfung: 09.-14.05.2018
 Tiefe:

Grenzwerte für Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliches Grundwasser nach DIN 4030-1:2008-06

Parameter	Einheit	Ergebnis	Grenzwerte nach DIN 4030-1:2008-06, Tabelle 4		
			schwach angreifend	mäßig angreifend	stark angreifend
			XA1	XA2	XA3
Aussehen			-	-	-
Geruch (unveränderte Probe)			-	-	-
Geruch (angesäuerte Probe)			-	-	-
pH-Wert		6,9	6,5 bis 5,5	<5,5 bis 4,5	<4,5 bis 4,0
Permanganat-Verbrauch	mg/l		-	-	-
Härte (CaO)	mg/l	35,9	-	-	-
Härte	°dH		-	-	-
Hydrogencarbonat-Härte (CaO)	mg/l	30,84	-	-	-
Nichtcarbonat-Härte	mg/l	5,06	-	-	-
Magnesium (Mg ²⁺)	mg/l	4,30	300 bis 1000	>1000 bis 3000	>3000 bis zur Sättigung
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	< 0,04	15 bis 30	>30 bis 60	> 60 bis 1000
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	13	200 bis 600	>600 bis 3000	>3000 bis 6000
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	4,9	-	-	-
Aggressive Kohlensäure	mg/l	39,6	15 bis 40	>40 bis 100	>100 bis zur Sättigung
Sulfid			-	-	-
Calcium	mg/l		-	-	-
Eisen	mg/l	0,02	-	-	-
Mangan	mg/l	0,33	-	-	-
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	162	-	-	-

Die untersuchte Grundwasserprobe ist nach DIN 4030-1:2008-06 der Expositionsklasse XA1 zuzuordnen.

Gemäß DIN EN 206:2017-01, Tabelle 1, Ziffer 6 muss der verwendete Beton der chemischen Expositionsklasse XA1 (chemisch schwach angreifende Umgebung) entsprechen.



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.85$
 $x_m = 21.90 \text{ m}$
 $y_m = 229.93 \text{ m}$
 $R = 15.58 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

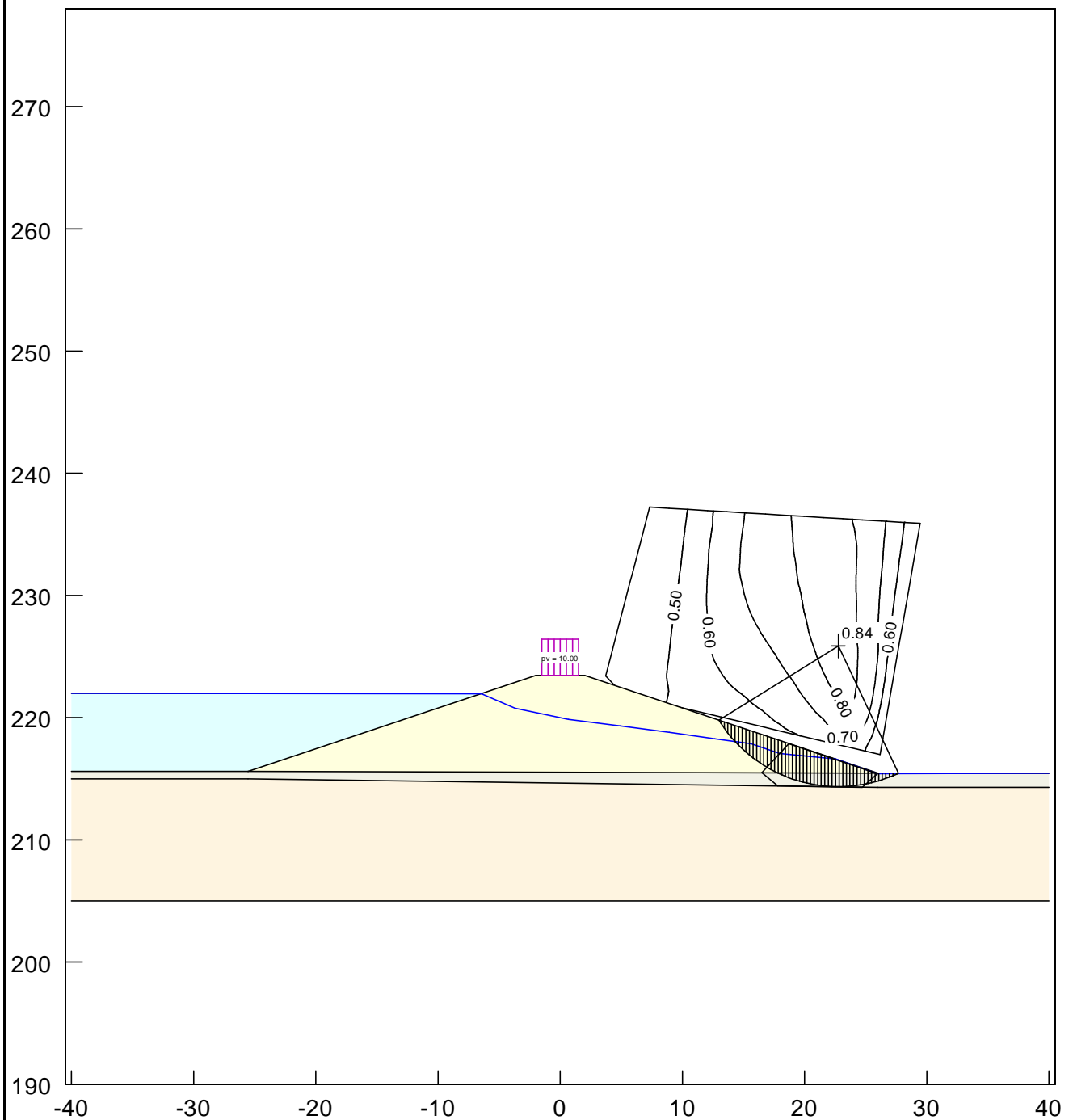
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.1 Einstau auf $Z_v = 222,00 \text{ m} + \text{NN}$, BS I, TWB A

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.1.A_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	1.00	19.00	Bindige Decklage
	30.00	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.84$
 $x_m = 22.77 \text{ m}$
 $y_m = 225.87 \text{ m}$
 $R = 11.52 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standortsicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

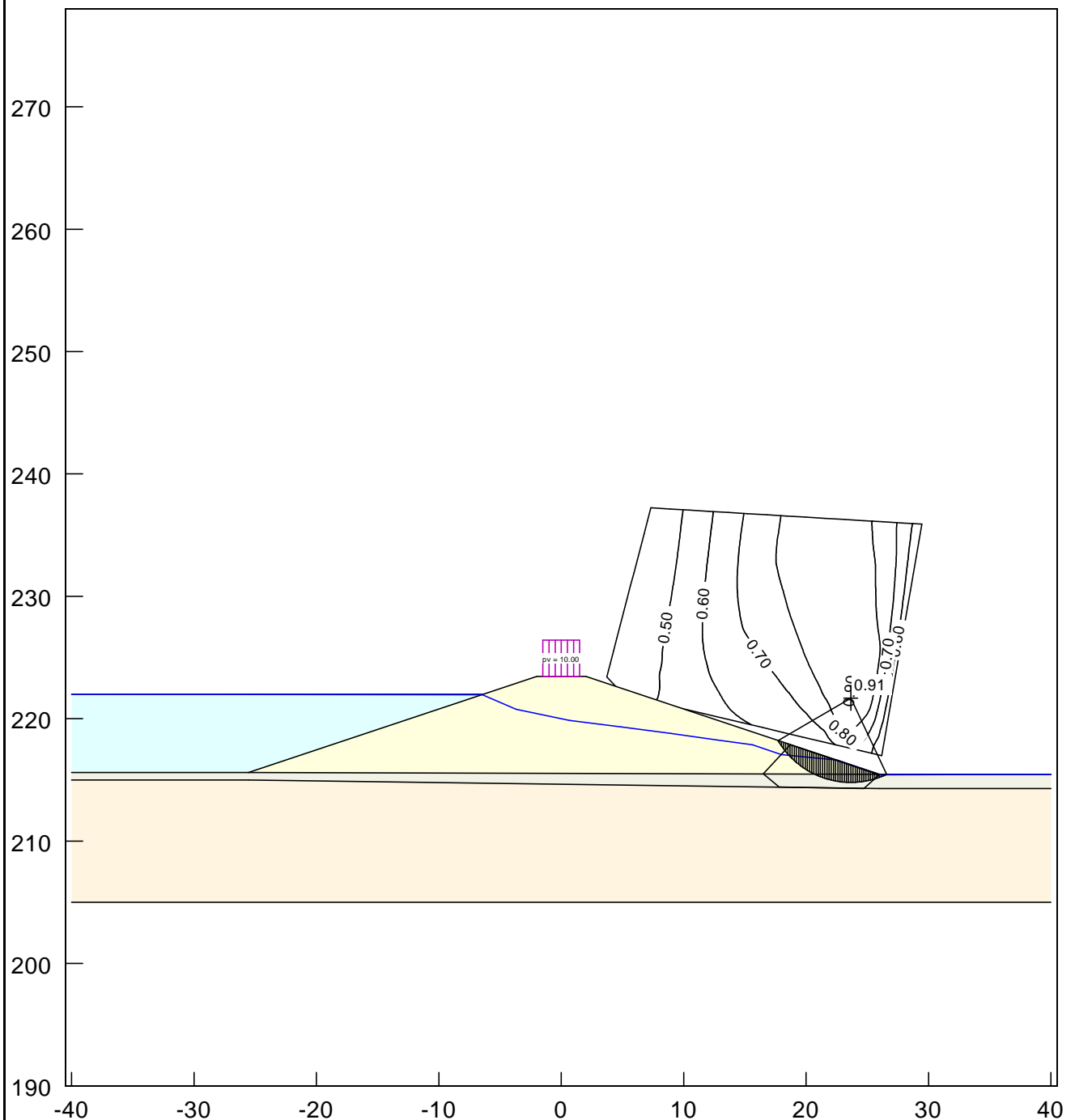
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.1 Einstau auf $Z_v = 222,00 \text{ m} + \text{NN}$, BS II, TWB B

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.2.B_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	1.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	0.00	19.00	Bindige Decklage
	27.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.91$
 $x_m = 23.65 \text{ m}$
 $y_m = 221.67 \text{ m}$
 $R = 6.88 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.10$
 - $\gamma(c') = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

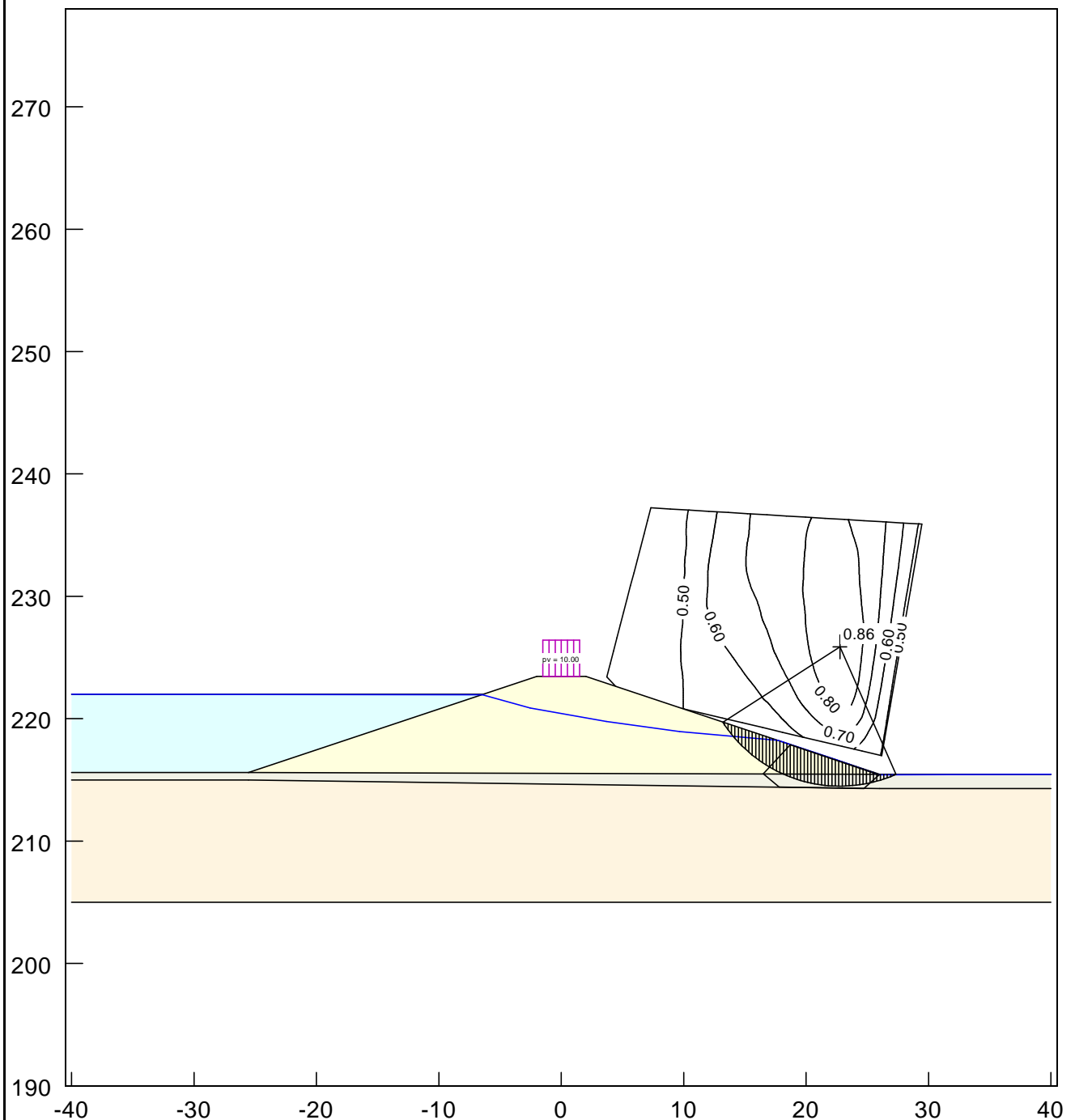
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.1 Einstau auf $Z_v = 222,00 \text{ m} + \text{NN}$, BS III, TWB C1

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.3.C1_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen
$\mu_{\max} = 0.86$
$x_m = 22.77$ m
$y_m = 225.87$ m
$R = 11.38$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standortsicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

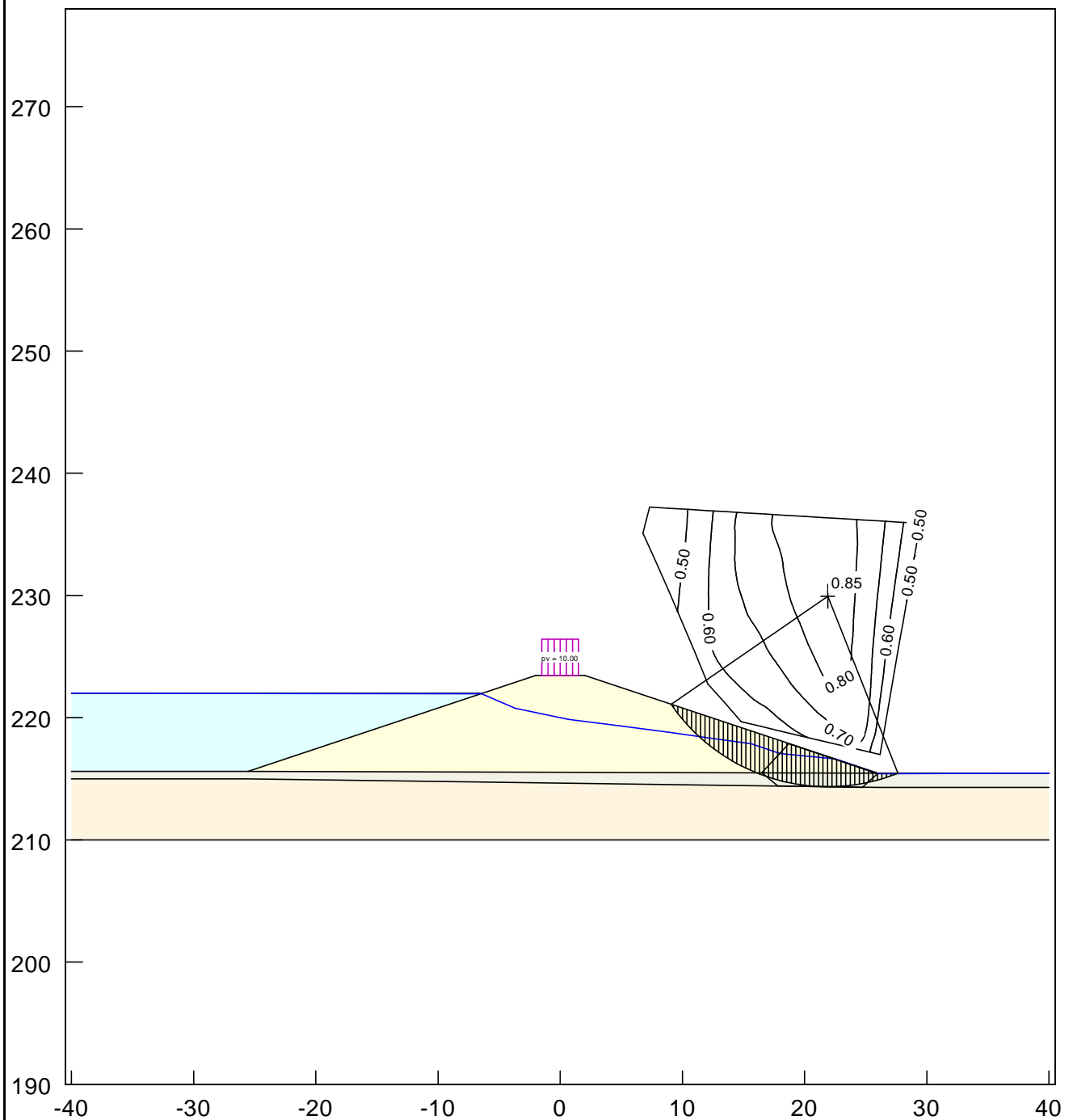
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengass 16
76356 Weingarten/Baden
Tel. 07244/7013-0 Fax -17
eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.1 Einstau auf $Z_v = 222,00$ m+NN, BS III, TWB C2

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.4.C2_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
mbH
INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.85$
 $x_m = 21.90 \text{ m}$
 $y_m = 229.93 \text{ m}$
 $R = 15.58 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standortsicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

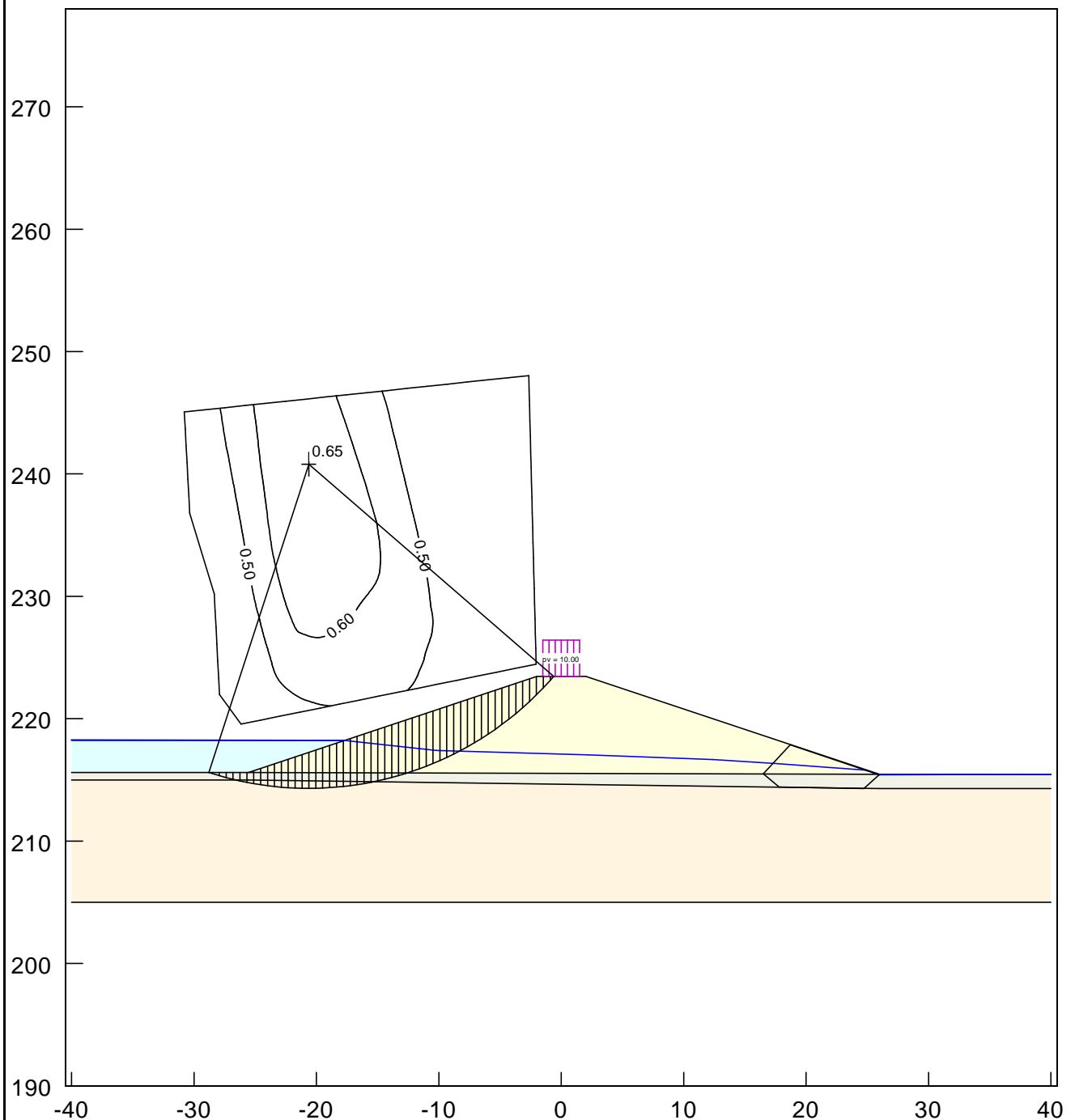
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.2 Einstau auf 1/3 Dammhöhe, BS I, TWB A

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.5.A_WS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	1.00	19.00	Bindige Decklage
	30.00	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.65$
 $x_m = -20.63 \text{ m}$
 $y_m = 240.80 \text{ m}$
 $R = 26.48 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standortsicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

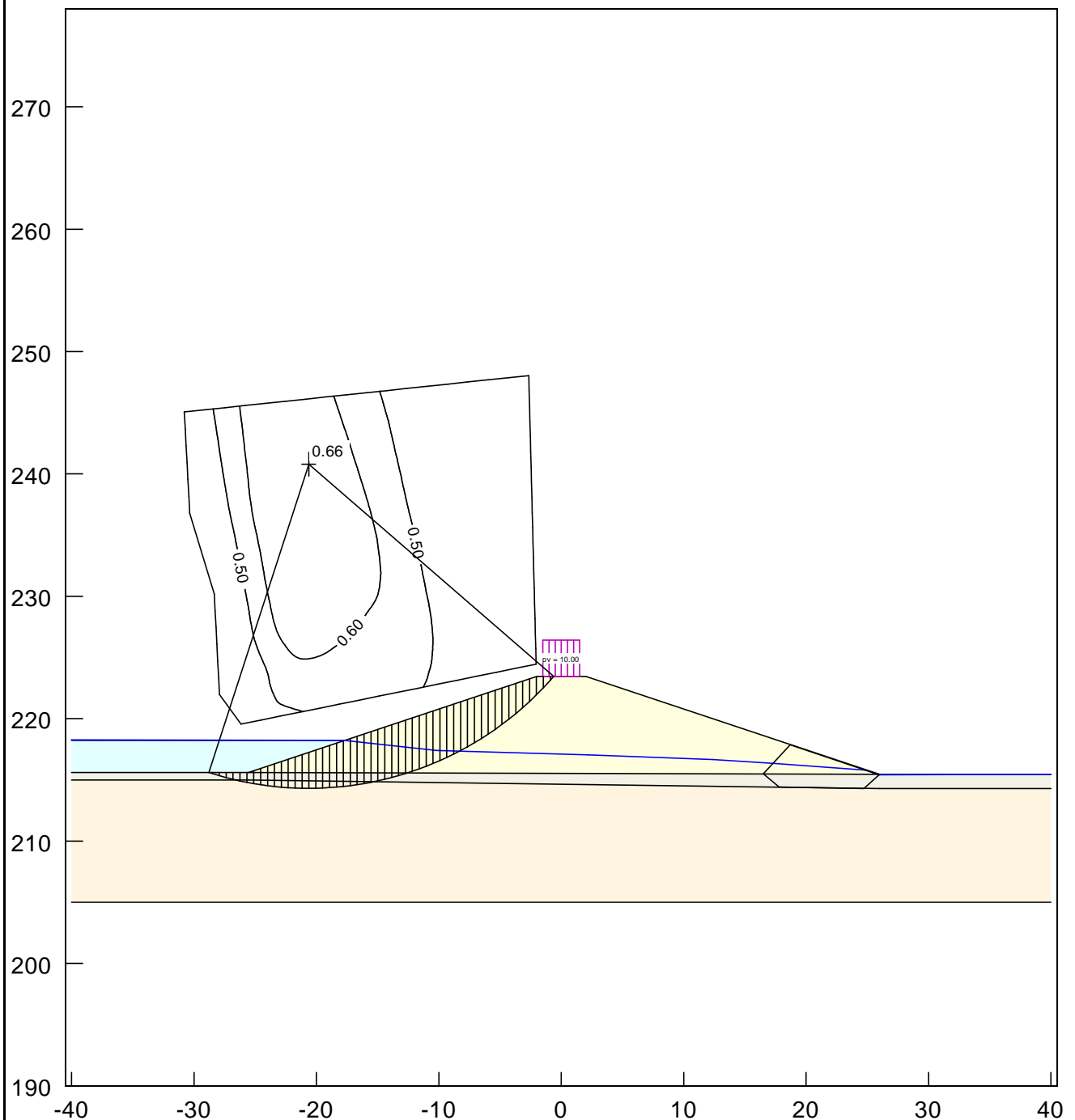
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.2 Einstau auf 1/3 Dammhöhe, BS II, TWB B

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.6.B_WS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	1.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	0.00	19.00	Bindige Decklage
	27.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.66$
 $x_m = -20.63 \text{ m}$
 $y_m = 240.80 \text{ m}$
 $R = 26.48 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.10$
 - $\gamma(c') = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

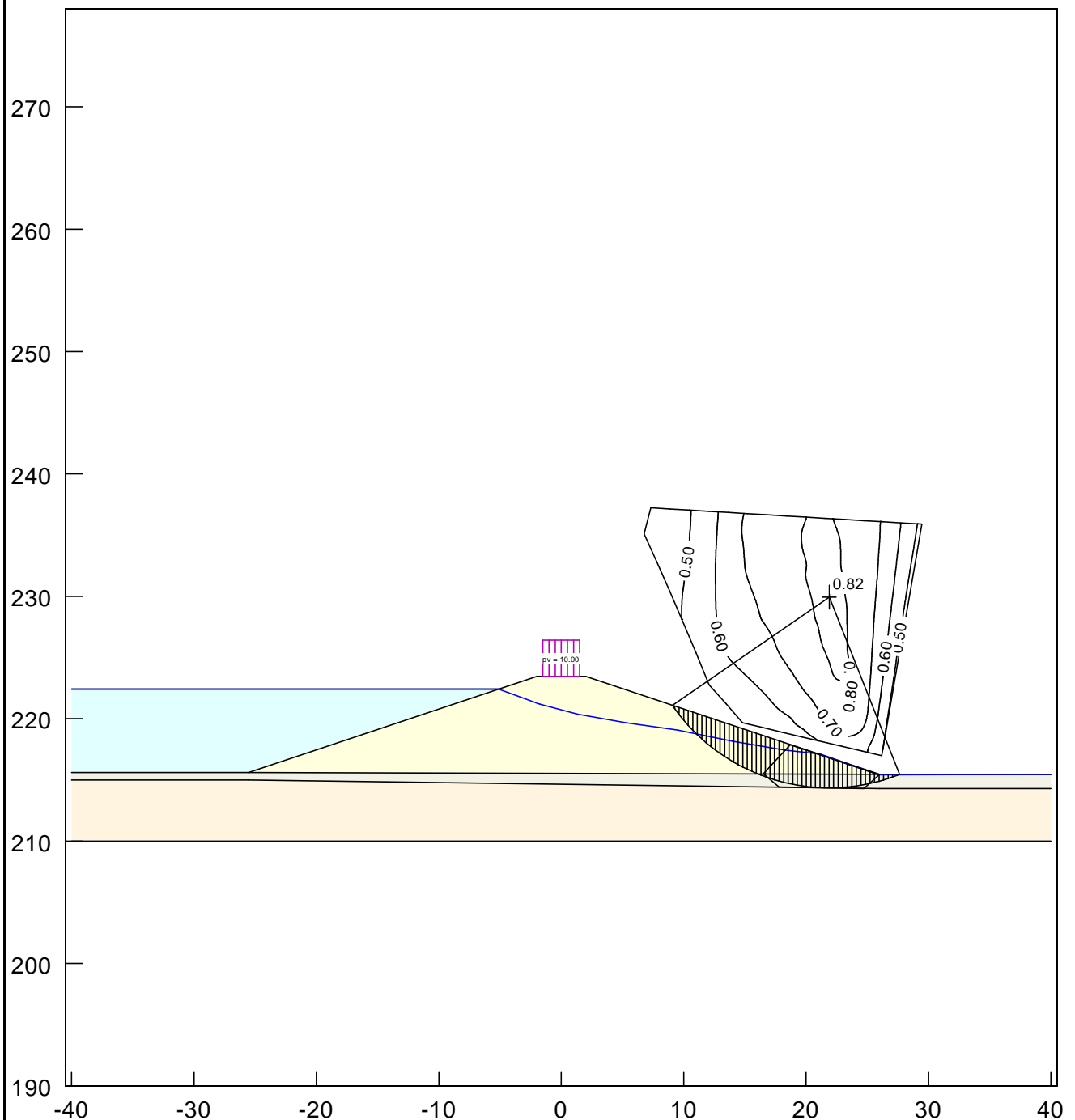
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 1.2 Einstau auf 1/3 Dammhöhe, BS III, TWB C1

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.7.C1_WS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.82$
 $x_m = 21.90 \text{ m}$
 $y_m = 229.93 \text{ m}$
 $R = 15.58 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standortsicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

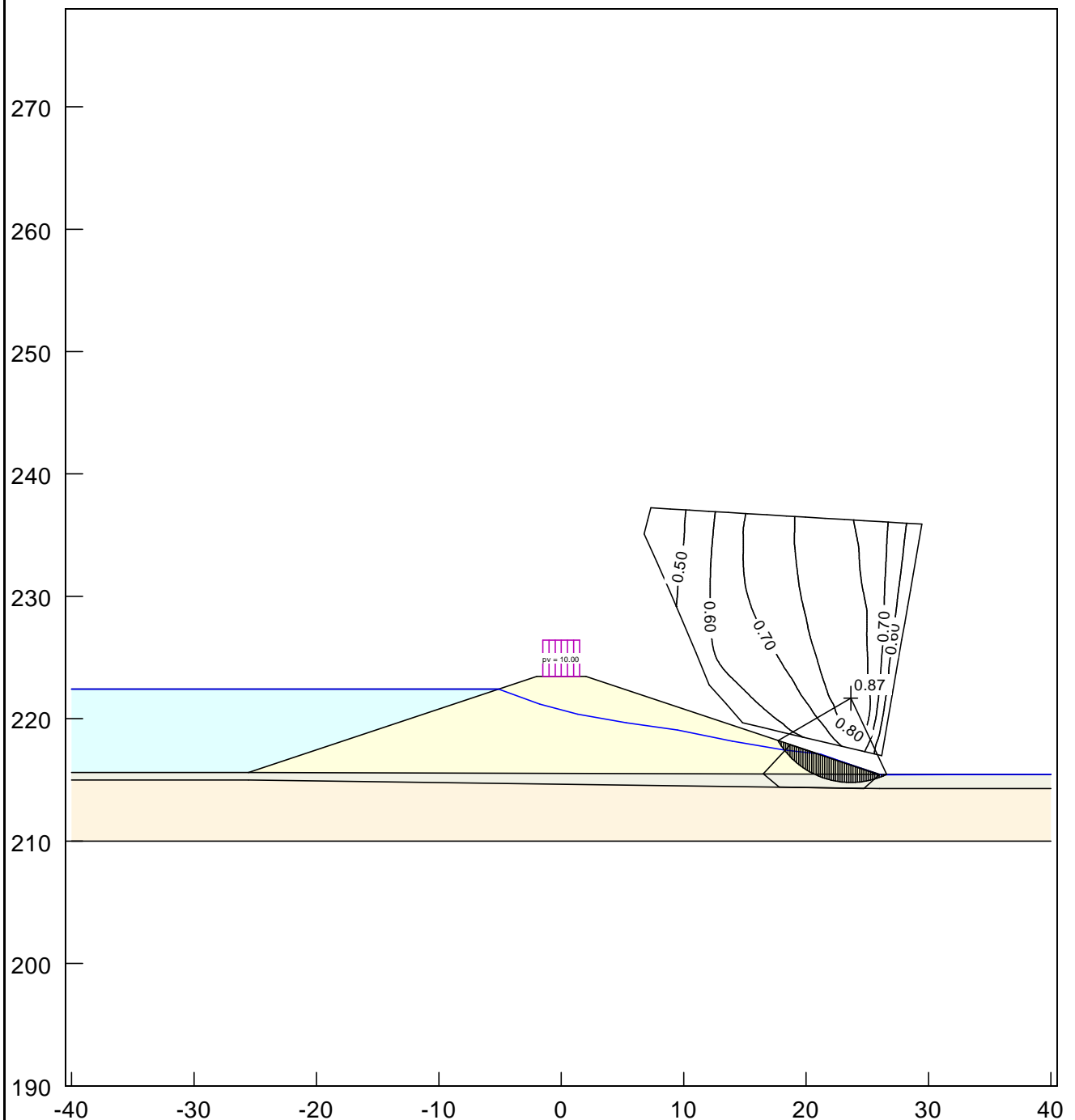
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 2.1 Einstau auf ZH1 = 222,40 m+NN, BS II, TWB A

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.8.A_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	1.00	19.00	Bindige Decklage
	30.00	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.87$
 $x_m = 23.65 \text{ m}$
 $y_m = 221.67 \text{ m}$
 $R = 6.88 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.10$
 - $\gamma(c') = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

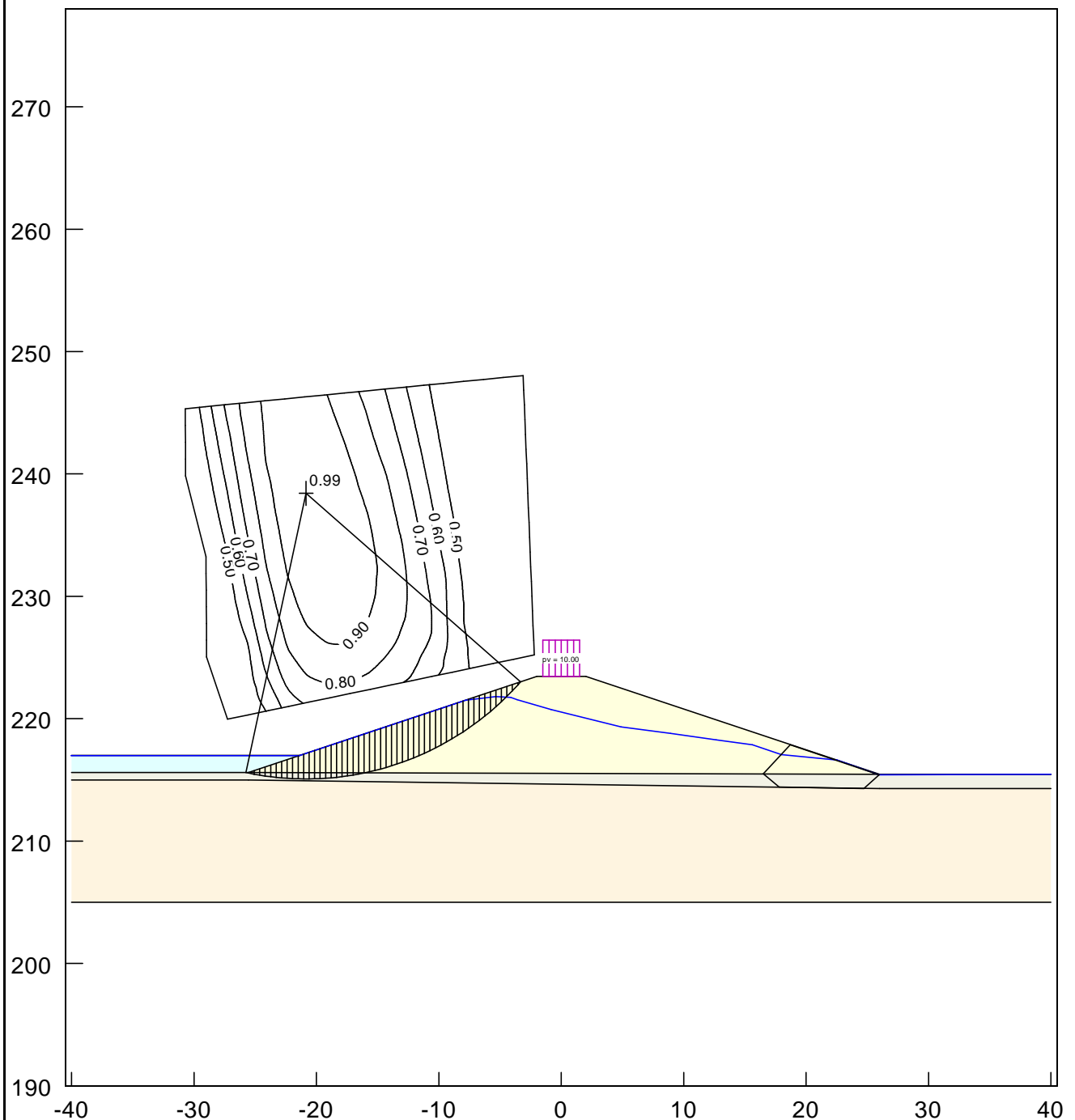
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 2.1 Einstau auf ZH1 = 222,40 m+NN, BS III, TWB B

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.9.A_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.99$
 $x_m = -20.85 \text{ m}$
 $y_m = 238.41 \text{ m}$
 $R = 23.34 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

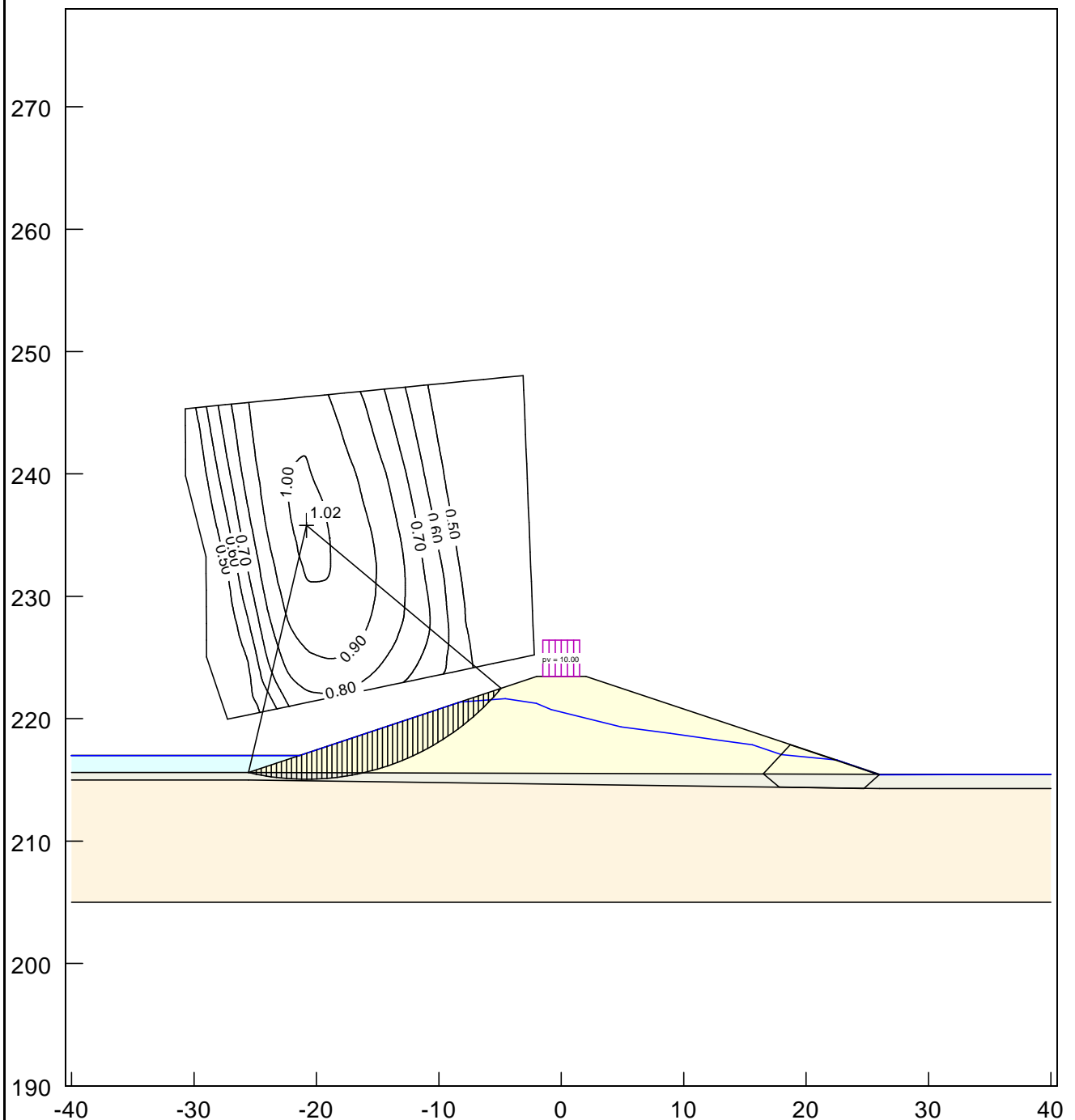
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 2.2 Schnelle Spiegelsenkung ab Zv, BS II, TWB A

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.10.A_WS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	$\phi_{k,k}$ [°]	$c_{k,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{k,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	1.00	19.00	Bindige Decklage
	30.00	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 1.02$
 $x_m = -20.81 \text{ m}$
 $y_m = 235.79 \text{ m}$
 $R = 20.73 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.10$
 - $\gamma(c') = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

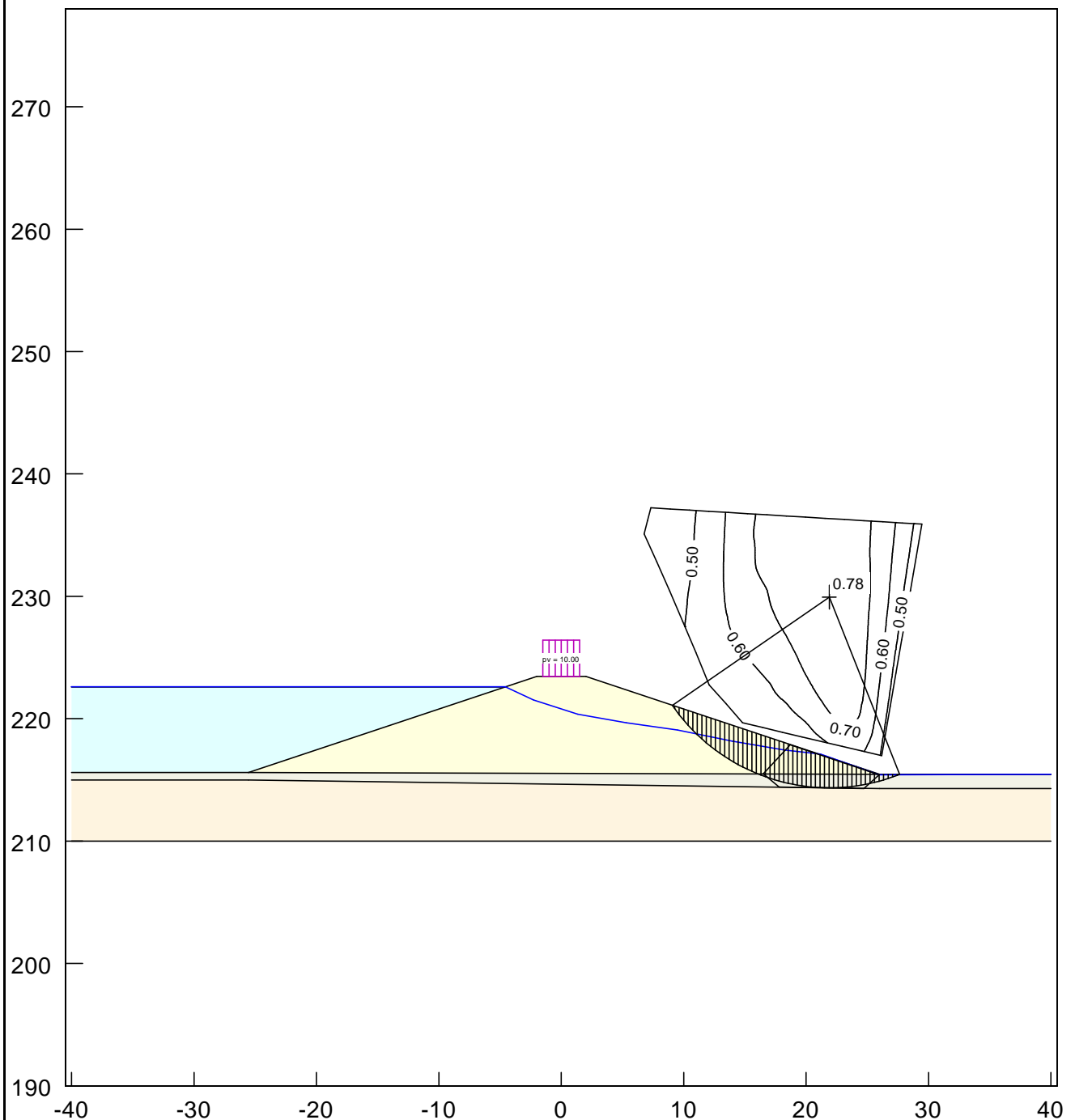
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 2.2 Schnelle Spiegelsenkung ab Zv, BS III, TWB B

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.11.B_WS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.78$
 $x_m = 21.90 \text{ m}$
 $y_m = 229.93 \text{ m}$
 $R = 15.58 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.10$
 - $\gamma(c') = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standortsicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

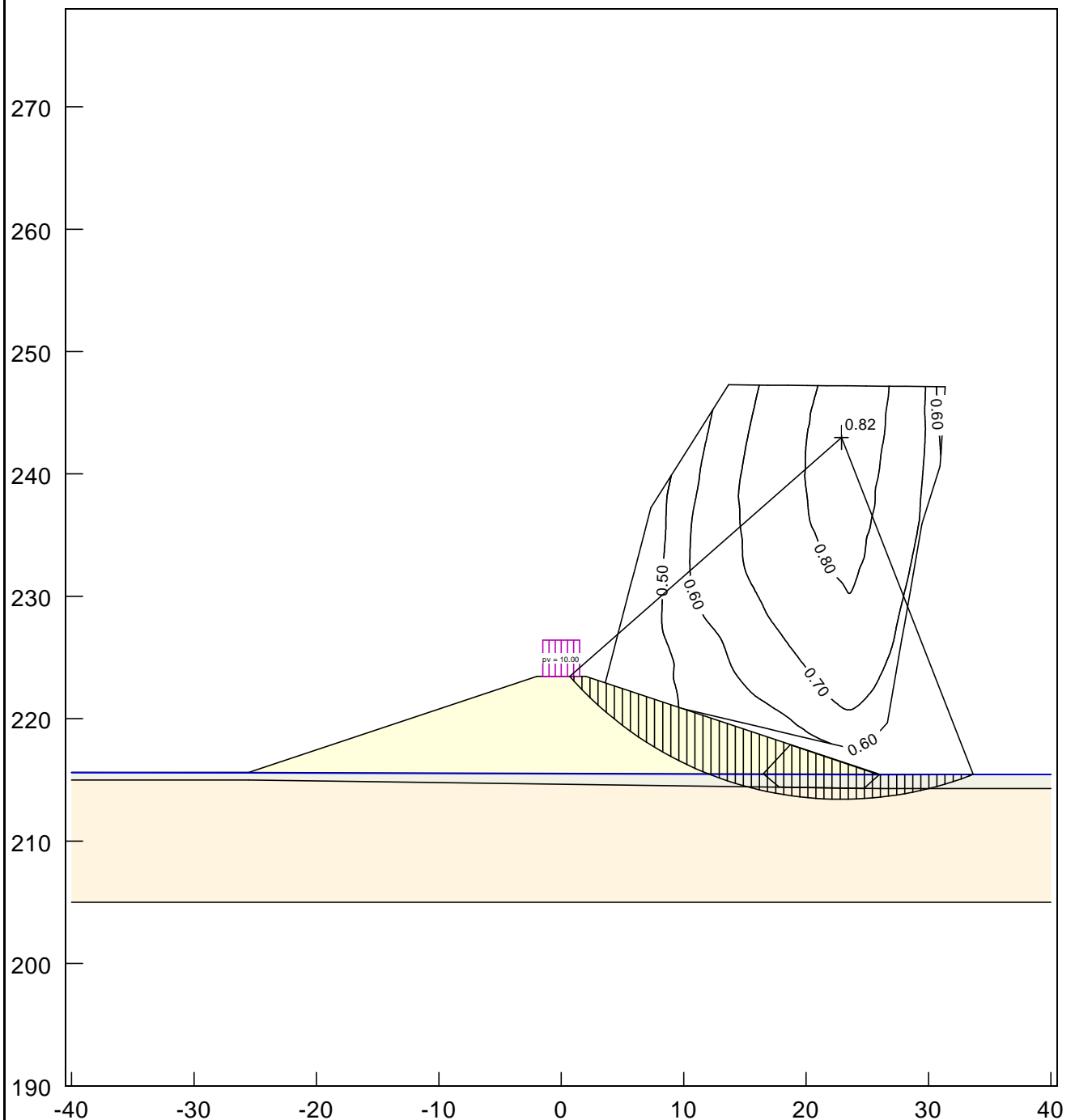
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten/Baden
 Tel. 07244/7013-0 Fax -17
 eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 3.1 Einstau auf ZH2 = 222,60 m+NN, BS III, TWB A

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.12.A_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	Dammschüttung
	27.50	2.00	19.00	Bindige Decklage
	32.50	0.00	19.00	Sand-Kies-Gemische

Berechnungsgrundlagen

$\mu_{\max} = 0.82$
 $x_m = 22.89$ m
 $y_m = 242.98$ m
 $R = 29.56$ m

Teilsicherheiten:

- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

Erdbeben:

horizontal $k_h = a_h/g = 0.1260$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0000$
Formel nach Kuntsche

WALD+CORBE Consulting GmbH
HRB Ohlsbach
Standisicherheitsuntersuchung nach DIN 19700

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengass 16
76356 Weingarten/Baden
Tel. 07244/7013-0 Fax -17
eMail: info@kaercher-geotechnik.de

LF 3.2 Bemessungserdbeben, BS III, TWB A

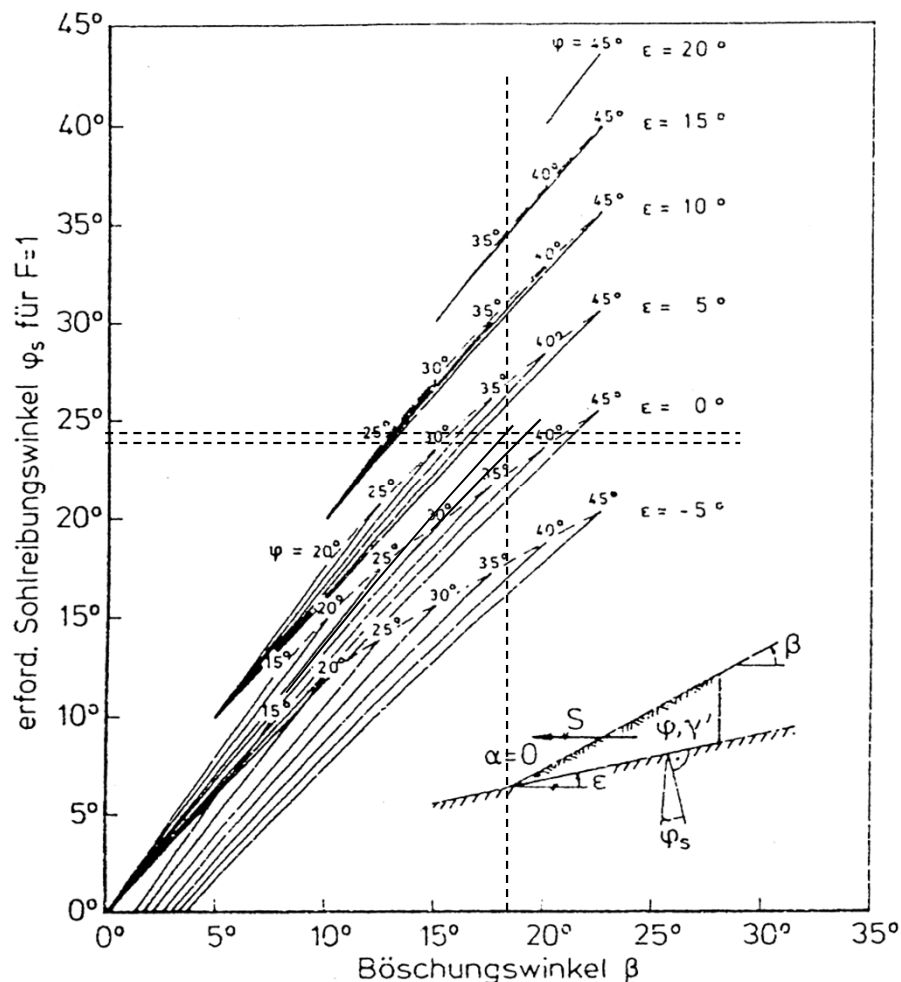
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E9172	4.1.13.A_LS		21.05.2019	Gh	Gh

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
mbH
INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Sicherheit gegen Spreizen in der Dammaufstandsfläche

maßgebender Lastfall: Wasserseite, Lastfall 2.2 (schnelle Spiegelsenkung)

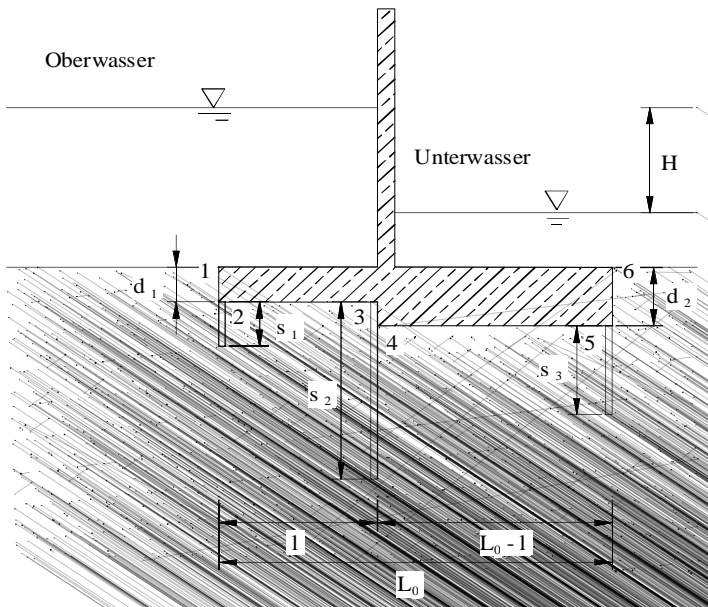


K. KAST: Spreizsicherheit von Böschungen bei geneigtem Gelände und Durchströmung / Bauingenieur 60 (1985)

		TWB A	TWB B	
Reibungswinkel des Dammbaustoffes	φ [°]:	30,0	30,0	
Kohäsion des Dammbaustoffes	c [kN/m ²]:	3,0	2,0	
Wichte des Dammbaustoffes	γ [kN/m ³]:	20,0	20,0	
Winkel der Aufstandsfläche	ε [°]	0,0	0,0	
Winkel der Böschung	β [°]	18,4	18,4	(1 : n = 1 : 3)
Reibungsw. der Gesamtscherfestigkeit	φ_s [°]:	28,5	27,0	(Annahme sichere Seite)
erforderlicher Sohlschreibungswinkel	φ_{erf} [°]:	23,7	24,3	aus Diagramm
Spreizsicherheit	$\eta = \tan \varphi_s / \tan \varphi_{\text{erf}} [-]$:	1,24	> 1,2 = η_{erf}	
Spreizsicherheit	$\eta = \tan \varphi_s / \tan \varphi_{\text{erf}} [-]$:		1,13 > 1,1 = η_{erf}	

Nachweis der konzentrierten Unterströmung nach Chugaev
 (Davidenkoff: "Unterläufigkeit von Stauwerken", 1970)

Schematische Geometrie des unterströmten Bauwerks



Untersuchte Stelle:

Umströmung Bauwerk

Eingangsdaten:

BHW / Geometrie:

OW 222,60 [m+NN]
 UW 214,00 [m+NN]
 H 8,60 [m]

d₁ 0,00 [m]
 d₂ 0,00 [m]

l 0,50 [m]
 L₀ - l 26,50 [m]
 L₀ 27,00 [m]

Untergrund und zulässiges Kontrollgefälle:

Tiefe der aktiven Strömungszone n. Chugaev:

Bodenart: GU*, GT*

T_{ak} 5,00 [m]

I_{K, zul.} 0,20 [-]

Angesetzte Geometrie:

erforderliche Längen der Dichtungselemente:

s₁ 0,00 [m]
 l 0,50 [m]
 s₂ 4,64 [m]
 L₀ 27,00 [m]
 s₃ 0,00 [m]

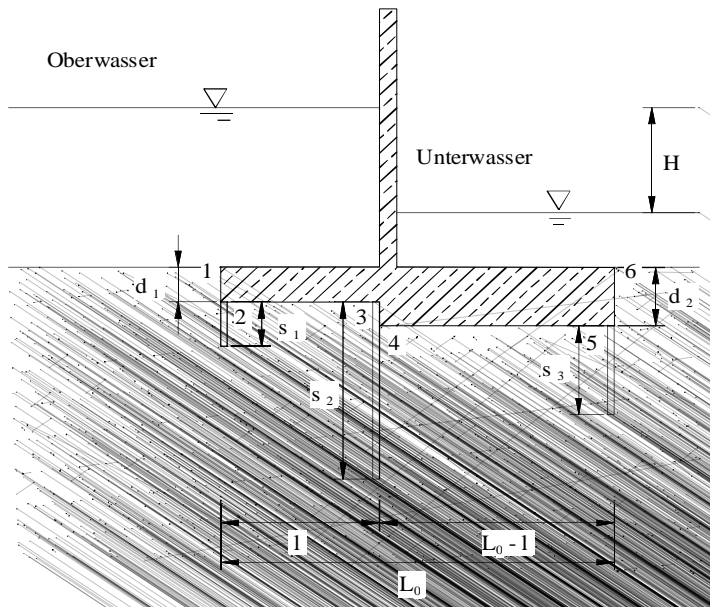
	berechnet	empfohlen	
s ₁ +d ₁	0,00	0,00	[m]
s ₂ +d ₁	4,64	4,64	[m]
s ₃ +d ₂	0,00	0,00	[m]

Errechnete Bauteilwiderstände / Energiehöhenverluste auf den Streckenabschnitten:

	ζ _i	Δh _{v,i}	Anteil	Kommentar
1-2	0,00	0,00	0,0	
2-3	0,00	0,00	0,0	
3-4	3,77	3,77	43,8	Flügelwand
4-5	4,84	4,83	56,2	Bauwerkslänge ab Flügelwand
5-6	0,00	0,00	0,0	Stärke der Bauwerkssohle
				I _{K, vorh.}
Σ	8,61	8,60	100,0	0,20
	[-]	[m]	[%]	[-]

Nachweis der konzentrierten Unterströmung nach Chugaev
 (Davidenkoff: "Unterläufigkeit von Stauwerken", 1970)

Schematische Geometrie des unterströmten Bauwerks



Untersuchte Stelle:

Unterströmung Bauwerk

Eingangsdaten:

BHW / Geometrie:

OW	222,60 [m+NN]
UW	214,00 [m+NN]
H	8,60 [m]
d ₁	0,50 [m]
d ₂	0,50 [m]
l	22,00 [m]
L ₀ - l	27,00 [m]
L ₀	49,00 [m]

Untergrund und zulässiges Kontrollgefälle:

Tiefe der aktiven Strömungszone n. Chugaev:

Bodenart: Sand-Kies-Gemische

T_{ak} 2,00 [m]

I_{K, zul.} 0,15 [-]

Angesetzte Geometrie:

erforderliche Längen der Dichtungselemente:

s ₁	0,00 [m]
l	22,00 [m]
s ₂	1,50 [m]
L ₀	49,00 [m]
s ₃	0,00 [m]

	berechnet	empfohlen	
s ₁ +d ₁	0,50	0,5	[m]
s ₂ +d ₁	2,00	2,00	[m]
s ₃ +d ₂	0,50	0,5	[m]

Errechnete Bauteilwiderstände / Energiehöhenverluste auf den Streckenabschnitten:

	ζ _i	Δh _{v,i}	Anteil	Kommentar
1-2	0,00	0,00	0,0	
2-3	10,63	3,18	37,0	
3-4	5,00	1,50	17,4	Flügelwand
4-5	13,13	3,93	45,7	Bauwerkslänge ab Flügelwand
5-6	0,00	0,00	0,0	Stärke der Bauwerkssohle
				I _{K, vorh.}
Σ	28,75	8,60	100,0	0,15
	[-]	[m]	[%]	[-]

Berechnung des Setzungsverlaufs unter einer Dammschüttung
 (Setzungsmulde)

berechneten Stelle: Station ca. 0+050

Wichte der Dammschüttung:

Grenztiefe /-spannung:

Auflast im Dammbereich:

γ_d 20,0 [KN/m²]

z^* 10,00 [m]

p_v [KN/m²]

$\Sigma \gamma \cdot z$ 115 [KN/m²]

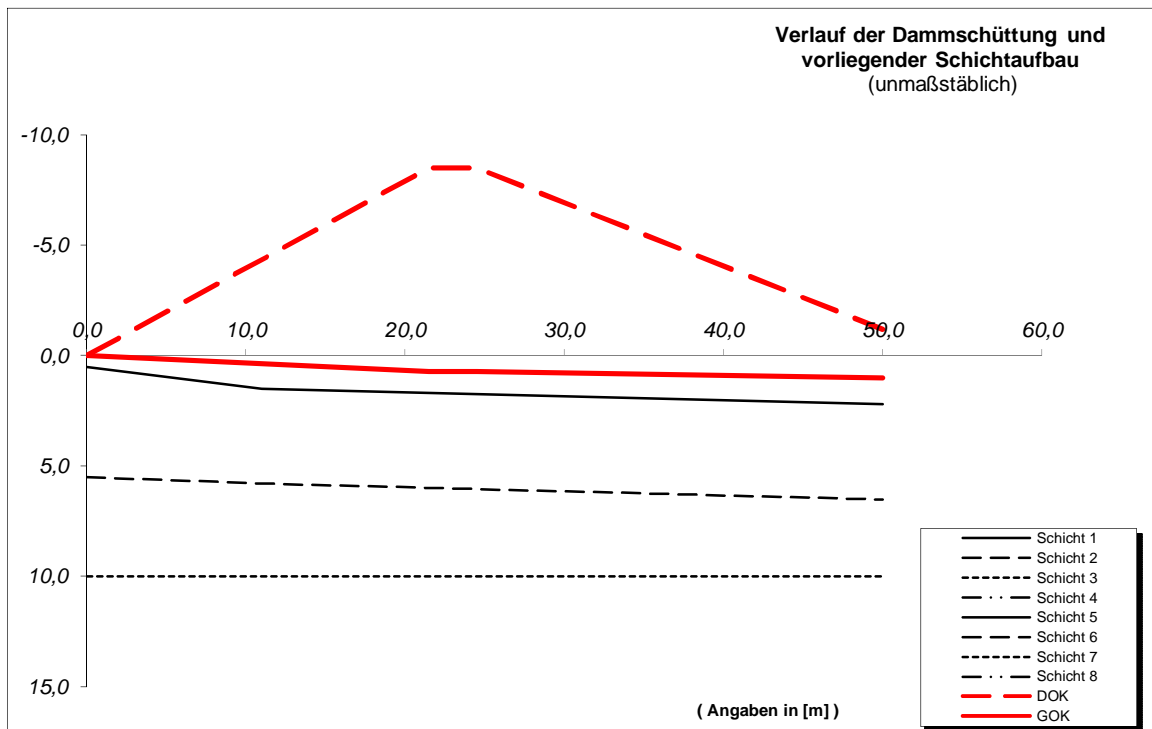
x_1 3,20 [m]

σ_M 107 [KN/m²]

x_2 7,20 [m]

Schichtaufbau in absteigender Reihenfolge:

Schicht Nr.	E [MN/m ²]	γ [KN/m ³]	Bodenbezeichnung
1	7,0	9,0	Schluff
2	40,0	11,0	Kies; Sand
3	150,0	14,0	Festgestein
4			
5			
6			
7			
8			



Berechnung des Setzungsverlaufs unter einer Dammschüttung
(Setzungsmulde)

Einzelsetzungen $s(x)$ an vorgegebenen Stellen:

x [m]	0,00	10,00	21,50	24,50	40,00	50,00	26,90	
	s(x)	s(x)	s(x)	s(x)	s(x)	s(x)	s(x)	s(x)
1	0,0	1,3	2,6	2,7	1,6	0,4	0,0	
2	0,1	0,9	1,9	1,9	1,1	0,3	0,0	
3	0,1	0,2	0,4	0,4	0,2	0,1	0,0	
4							0,1	
5								
6								
7								
8								
Σ	0,2	2,5	4,9	5,0	2,9	0,8	0,2	
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]

Verdrehungen zwischen entsprechenden Punkten:

θ	434	476	2310	735	472	411		[1/ θ]
	2,3E-03	2,1E-03	4,3E-04	1,4E-03	2,1E-03	2,4E-03		[θ]

Setzungsverlauf unterhalb der Dammschüttung

