



Ausfertigung	
Projekt-Nr.	1-5524.1
Auftraggeber	Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Projekt	Sanierung und Ausbau der Nord-Deiche am Rehbachpolder
Leistungsphase	Planfeststellung
Mappe Heft	I 2 / 3
Inhalt	Geotechnisches Gutachten
Datum	Januar 2017

Ingenieurgesellschaft Kärcher GmbH & Co. KG · Hauptstraße 152 · 76744 Wörth-Schaidt

Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Körperschaft des öffentlichen Rechts

Geschäftsstelle
Kreisverwaltung Rhein-Pfalz-Kreis

Europaplatz 5
67063 Ludwigshafen

Anerkanntes Institut
nach DIN 1054
Beratende Ingenieure

Dr. techn. K. Kärcher
Dipl.-Ing. K.-M. Gottheil
Dipl.-Geol. D. Klaiber
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
E 5400d02G

Bearbeiter
UH ☎ 06340 / 50 80 70 - 8
u.hoppe@kaercher-geotechnik.de

Datum
12. Februar 2016

Geotechnisches Gutachten

erdstatische und untergrundhydraulische Nachweise

Ausbau und Sanierung
der nördlichen Hochwasserschutzdeiche
am Rehbachunterlauf
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Projekt-Nr.: E 5400 D

Auftraggeber: Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Körperschaft des öffentlichen Rechts
Geschäftsstelle Kreisverwaltung Rhein-Pfalz-Kreis
Europaplatz 5, 76063 Ludwigshafen

Auftrag: durch den GZV auf Grundlage des Angebotes
E 5400d01H vom 28.08.2008

Inhalt:

1	Veranlassung	3
1.1	Unterlagen	3
2	Baugrund	4
2.1	Lage und geologischer Überblick	4
2.2	Durchgeführte Untersuchungen, Untersuchungsergebnisse	4
2.3	Bodenmechanische Kennwerte	5
2.4	Homogenbereiche	6
2.5	Grundwasserverhältnisse	6
3	Ausbau der Rehbachdeiche	7
3.1	Anforderungen an die Schüttmaterialien	8
3.2	Wegebau:	10
4	Standsicherheitsnachweise	11
4.1	Bemessungswasserstand und Freibord, Verkehrslasten	11
4.2	Einwirkungen und Bemessungssituationen	11
4.3	Übersicht durchgeführter Standsicherheitsnachweise	12
4.4	Standsicherheit der wasserseitigen Böschung nach DIN 4084	13
4.5	Standsicherheit der landseitigen Böschung	15
4.6	Suberosionsgefährdung	17
4.7	Auftriebssicherheit, Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch	18
5	Hochliegendes Hinterland	19
5.1	Geländeauffüllung, Wegebau	19
6	Zusammenfassung	20

Anlagenverzeichnis:

Lageplan	Anlage	1
Standsicherheit der wasserseitigen Böschung	Anlagen	2.1 – 2.7
Standsicherheit der landseitigen Böschung	Anlagen	3.0 – 3.21
Hydraulischer Grundbruch, Auftriebssicherheit	Anlagen	4.1 – 4.2
Regelprofil	Anlage	5
Standsicherheit hochliegendes Hinterland	Anlagen	6.1 – 6.2

1 Veranlassung

Der Gewässerzweckverband Rehbach – Speyerbach beabsichtigt den Ausbau und die Sanierung der nördlichen Hochwasserschutzdeiche am Rehbachunterlauf auf den Gemarkungen Limburgerhof und Ludwigshafen Rheingönheim.

Der Ausbauabschnitt beginnt in der Gemeinde Limburgerhof an der L 533 (Station 0+400, Götzengraben) und erstreckt sich über eine Länge von 3,45 km bis kurz vor die Rehbachschließe auf Gemarkung Rheingönheim (Straße Hoher Weg).

In den Jahren 2003 und 2004 wurden, im Auftrag der Stadt Ludwigshafen, durch die Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Baugrunduntersuchungen durchgeführt und geotechnische Gutachten zum Ausbauzustand und der Standsicherheitssituation der Rehbach- und Viertelbachdeiche erarbeitet.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Folgenden zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung kann den im folgenden Abschnitt 1.1 genannten Gutachten entnommen werden.

Das hier vorliegende geotechnische Gutachten enthält Ausbauvorschläge zum Deichausbau einschließlich der erforderlichen Standsicherheitsnachweise und es werden Materialparameter für die Bauausführung festgelegt.

1.1 **Unterlagen**

Dem Gutachten liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- /U1/ Geotechnisches Gutachten zum Ausbauzustand und der Standsicherheitssituation des Rehbach- und Viertelbachdeiches, Gemarkung Ludwigshafen, **1. Bauabschnitt** Zeichen E 5400 A 08 G, Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Wörth-Schaidt, vom 07.02.2003
- /U2/ Geotechnisches Gutachten zum Ausbauzustand und der Standsicherheitssituation des Rehbach- und Viertelbachdeiches, Gemarkung Ludwigshafen, **2. Bauabschnitt** Zeichen E 5400 B 03 G, Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Wörth-Schaidt, vom 22.08.2003
- /U3/ Geotechnisches Gutachten zum Ausbauzustand und der Standsicherheitssituation des Rehbach- und Viertelbachdeiches, Gemarkung Ludwigshafen, **3. Bauabschnitt** Zeichen E 5400 C 05 G, Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Wörth-Schaidt, vom 07.09.2004
- /U4/ Unterlagen der Planfeststellung (.dwg-Dateien), Lageplan, Längsschnitt, Querprofile und Regelprofile, ipr Consult, Neustadt Weinstraße, vom September 2014

In der folgenden Abbildung 1 sind die Untersuchungsabschnitte 1, 2 und 3 dargestellt:



Abbildung 1: Übersichtslageplan Untersuchungsabschnitte

2 Baugrund

2.1 Lage und geologischer Überblick

Die Deichtrasse liegt in der Rheinniederung. Die zumeist bindigen Deckschichten holozänen Ursprungs setzen sich aus Tonen und Schluffen sowie Sand-/Schluff-Gemischen zusammen. Die Mächtigkeit der Deckschichten kann örtlich stark schwanken. Unter den Deckschichten folgen Wechsellagerungen von jungpleistozänen Sanden und Kiessanden des Oberen Kieslagers.

2.2 Durchgeführte Untersuchungen, Untersuchungsergebnisse

Die vorhandene Deichtrasse bzw. der vorhandene Deich wurde an insgesamt 21 Querprofilen erkundet. Die Erkundungsergebnisse sind detailliert in den jeweiligen geotechnischen Gutachten beschrieben, siehe die im Abschnitt 1.1 aufgeführten Unterlagen.

Der vorhandene Deichkörper ist in den untersuchten Abschnitten 1.BA und 3.BA überwiegend aus schluffigen und stark schluffigen Tonen aufgebaut, welche steife bis halbfeste Konsistenzen aufweisen. Im Abschnitt 2.BA setzt sich der Deichkörper hingegen überwiegend aus Schluffen steifer und steif-halbfester Konsistenz zusammen. Unter den feinkörnigen Böden folgen Wechsellagerungen von Sanden und Kiesen.

2.3 Bodenmechanische Kennwerte

Die in /U1/, /U2/ und /U3/ enthaltenden bodenmechanischen Kennwerte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Darin bezeichnet E_s die Steifeziffer, φ' den Reibungswinkel, c' die Kohäsion und γ/γ' die Wichte bzw. die Wichte unter Auftrieb.

Tabelle 1: Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	Konsistenz	E_s [MPa]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	γ/γ' [kN/m ³]	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18 300:2012
Mu	-	-	-	-	18/9	-	-
H, t*	-	0,5 - 0,8	15,0	0	13/4	HZ	2
H + T	weich	1 - 3	15,0	0	15/6	OT/HZ	2/5
T, h'	weich	4 - 5	22,5	3 - 5	19/10	TA	5
T	wch-steif	6 - 7	22,5	7 - 8	20/11	TA	5
T, u, o', f	breiig	2 - 3	25,0	0	19/10	TM	2
T, u	breiig	3	25,0	0	20/11	TM	2
T, u	weich	5	25,0	2	20/11	TM	4
T, u	steif	8	25,0	7	20/11	TM	4
T, u	halbfest	12	25,0	15	20/11	TM	4
T, u*, o', s'	breiig	2 - 3	27,5	0	19/10	TL	2
T, u*	weich	5	27,5	2	20/11	TL	4
U, s	weich	5	27,5	2	20/11	TL/UL	4
U, s bis s*	steif	8	27,5	5	20/11	TL/UL	4
U, s bis s*	halbfest	12	27,5	7	20/11	TL/UL	4
S + U	steif	15 - 20	27,5	0	20/11	UL/SU*	4
S, u bis u*	-	20 - 25	30,0	0	20/11	SU*	2 - 4
S, u'	-	25 - 30	30,0	0	20/11	SU	3
G, s, u'	-	30 - 35	30,0	0	20/11	GU	3
S, g'	-	30 - 50	32,5	0	20/11	SI/SE/SW	3
G, s bis s*	-	40 - 60	35,0	0	20/11	GI/GE/ GW	3

Es bedeuten:

Mu	Oberboden	S (s)	Sand (sandig)	'	schwach
T (t)	Ton (tonig)	G (g)	Kies (kiesig)	*	stark
U (u)	Schluff (schluffig)				

Die feinkörnigen (bindigen) und die feinteilhaltigen Böden reagieren sehr empfindlich auf Wassergehaltsschwankungen und gehen bei Wasserzutritt rasch in breiige Konsistenz über.

Werden die Erdarbeiten bei nasser Witterung oder Frost durchgeführt ist damit zu rechnen, dass bei der mechanischen Beanspruchung von feinkörnigen Böden der Klasse 4 nach DIN 18 300:2012 ein zumindest teilweiser Übergang in Bodenklasse 2 „fließende Bodenarten“ stattfindet (z.B. durch das Befahren etc.)

Damit ist auch eine Änderung des zugeordneten Homogenbereiches verbunden.

2.4 Homogenbereiche

Mit Ausnahme des Oberbodenabtrages, der einem eigenen Homogenbereich zuzuordnen ist, sind im Rahmen des Deichbaus keine Aushubarbeiten vorgesehen, welche in unterschiedliche Homogenbereiche einzuordnen wären. Der Vollständigkeit wegen werden hier dennoch Homogenbereiche benannt:

Homogenbereich 1: Oberboden

Homogenbereich 2: feinkörnige Böden (Tone und Schluffe)

Homogenbereich 3: grobkörnige Böden (Sande und Kiese)

2.5 Grundwasserverhältnisse

Das Grundwasser wurde während der Durchführung der Sondierungen auf einer Höhe von im Mittel rd. 91 m+NN angetroffen. Entsprechend der Grundwassermessstelle 1245 I Neuhofen schwankt der Grundwasserstand (Extremwerte ausgenommen) zwischen einer Höhe von rd. 90,5 m+NN und 91,5 m+NN.

Das Grundwasser korrespondiert mit den Wasserständen im Rehbach und kann bis OK Gelände ansteigen.

3 Ausbau der Rehbachdeiche

Der Ausbauzustand und die Standsicherheitssituation des bestehenden Rehbachdeiches wird in /U1/, /U2/ und /U3/ ausführlich beschrieben. Unter anderem wird auf den starken Bewuchs des bestehenden Deiches mit Gehölz hingewiesen, welcher nach den geltenden Regelwerken wie der DIN 19712 oder dem Merkblatt DWA-M 507 nicht zulässig ist.

Um trotz des Bewuchses auf dem vorhandenen Deich einen ausreichenden und den technischen Regeln entsprechenden Hochwasserschutz gewährleisten zu können, ist vorgesehen, landseitig des Bestandsdeiches einen neuen Hochwasserschutzdeich zu schütten, der alle erdstatischen und konstruktiven Anforderungen einhält.

In der folgenden Abbildung 2 ist das Ausbauprinzip dargestellt:

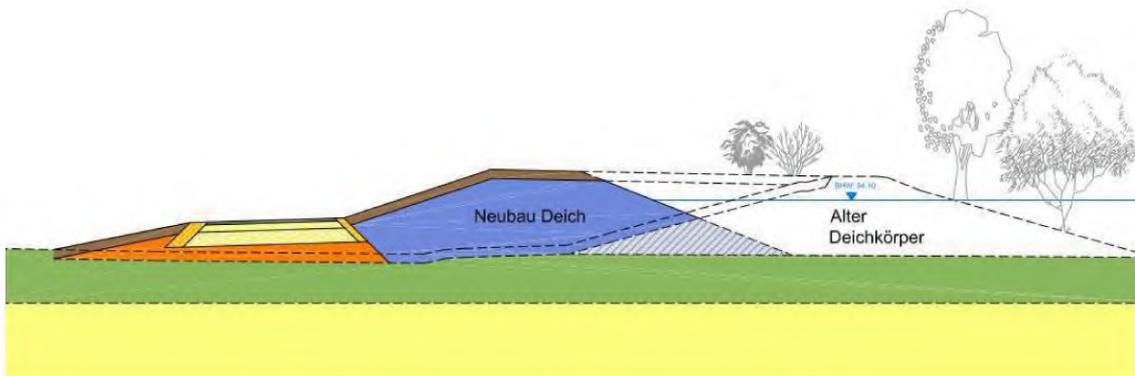


Abbildung 2: *Prinzip Neubau Hochwasserschutzdeich (farblich hervorgehoben ist das statische Nachweisprofil)*

Der neue Deich wird so bemessen und ausgeführt, dass die Standsicherheit „alleinstehend“ gegeben ist. Dabei wird in den Standsicherheitsnachweisen davon ausgegangen, dass der Altdeich durch z.B. Windbruch mit anschließender Erosion weitgehend abgetragen ist.

Regelprofil:

Die den statischen Nachweisen zugrunde gelegte wasserseitige Böschung erhält eine Neigung von 1:2,5. Die theoretische Breite der Deichkrone beträgt 2,5 m. Die landseitige Deichböschung wird in einer Neigung von 1:3,0 ausgeführt.

Der 3,5 m breite und asphaltierte Deichverteidigungsweg wird landseitig des Deiches angelegt. Er verläuft zumeist höhengleich mit dem Gelände bzw. konstruktiv nur leicht über dem Gelände (kein Einstau der Tragschicht).

In Teilabschnitten verläuft der Deichverteidigungsweg auf einer Berme, deren Böschung eine Neigung von 1:3,0 erhält.

Die Berme wird aus einem grobkörnigen Material (Kiessand, Sand) entsprechend den unten beschriebenen Eigenschaften geschüttet. Der Deichkörper wird aus feinkörnigem (bindigem) Material hergestellt.

Der Raum zwischen der neuen Deichkrone und dem bestehendem Altdeich wird verfüllt. Die Oberfläche wird dabei mit Gefälle, vorzugsweise zur Wasserseite, hergestellt. Es wird empfohlen, die Gefällesituation der Deichkrone (Neubau) an die Gefällesituation des Verfüllbereiches anzupassen.

Das Regelprofil ist in der Anlage 5 dargestellt.

3.1 Anforderungen an die Schüttmaterialien

Für das feinkörnige (bindige) Schüttmaterial zur Herstellung des neuen **Deichkörpers** werden die folgenden bodenmechanischen Kennwerte angesetzt bzw. es gelten die folgenden Anforderungen:

- | | |
|---|---|
| • Bodengruppe (DIN 18 196): | TL - TM |
| • Bodenklasse (DIN 18 300:2012): | 4 |
| • Reibungswinkel φ' : | $\geq 25^\circ$ |
| • Kohäsion c: | $\geq 5 \text{ kN/m}^2$ |
| • Plastizitätszahl I_p : | ≥ 12 |
| • Durchlässigkeitsbeiwert k_f : | $\leq 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ |
| • Mindestverdichtungsgrad D_{\min} : | $\geq 98 \text{ \% e.P.}$ |
| • max. Einbauwassergehalt w_{\max} : | $w_{\text{opt.}} \pm 2,0 \text{ Gew. \%}$ |
| • Kies- / Steinanteil $\varnothing_{>2 \text{ mm}}$ | $< 20 \text{ Gew. \%}$ |
| • Sand- / Kies- / Steinanteil $\varnothing_{>0,063 \text{ mm}}$ | $< 30 \text{ Gew. \%}$ |
| • keine organischen Bestandteile | |

Das Schüttmaterial ist in Lagen von max. 0,3 m einzubauen und auf die geforderten Verdichtungswerte zu verdichten. Auf einen ausreichenden Verbund mit bereits eingebautem Material ist zu achten. Der zulässige Einbauwassergehalt darf von dem in der Eignungsprüfung ermittelten optimalen Wassergehalt $w_{\text{opt.}}$ bei der Proctordichte $\rho_{\text{opt.}}$ nur um maximal 2,0 Gew.% abweichen.

Für das **grobkörnige Schüttmaterial** der Bermenschüttung gelten folgende Anforderungen:

- stetige, weitgestufte Korngrößenverteilung
- keine Ausfallkörnungen
- Bodengruppe (DIN 18 196): GW - SW
- Bodenklasse (DIN 18 300:2012): 3
- suffosionsstabil
- Reibungswinkel φ' : $\geq 35^\circ$
- Feinteile ($\varnothing \leq 0,063$ mm): ≤ 5 %
- Verdichtungsgrad: ≥ 100 % e.P.
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f : $\geq 5 \cdot 10^{-4}$ m/s
- natürlich vorkommender Boden
- keine organischen Beimengungen

Das Schüttmaterial ist in Lagen von max. 0,3 m einzubauen und auf die geforderten Verdichtungswerte zu verdichten.

Für das Schüttmaterial zur **Verfüllung des Zwischenraumes** zwischen dem neuen Deich und dem Altdeich gelten folgende Mindestanforderungen:

- Bodengruppe (DIN 18 196): SE/SW/SU/SU*/UL/UM
- Mindestverdichtungsgrad D_{\min} : ≥ 95 % e.P.
- keine organischen Bestandteile

Für die Liefermaterialien des **Wegebaus** gelten die Anforderungen der

- ZTV SoB StB bzw. TL SoB StB.

Für **sämtliche Liefermaterialien** gelten folgende umweltchemische Anforderungen, entsprechende Nachweise sind vorzulegen:

- TR Boden der LAGA, Feststoff + Eluat Z0

3.2 Wegebau:

Der Deichverteidigungsweg wird für das Befahren mit einem SLW30/45 ausgelegt. Für den Oberbau ist daher folgende Bauweise vorgesehen:

- 8 cm bituminöse Tragdeckschicht
- 20 cm Schottertragschicht
- 40 cm Frostschuttschicht

Auf der Oberkante der Schottertragschicht ist ein Verformungsmodul aus dem statischen Plattendruckversuch nach DIN 18134 von $E_{V2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verdichtungsverhältnis von $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ nachzuweisen.

Um auf OK Schottertragschicht den geforderten Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ erreichen zu können, muss das Erdplanum einen Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ aufweisen, was durch die im Planum anstehenden feinkörnigen Böden ohne weitere Maßnahmen voraussichtlich nicht erreicht werden kann.

Um den geforderten Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum zu erreichen kann (als weitere Maßnahme) eine Bodenstabilisierung oder alternativ ein Bodenaustausch erfolgen.

Bodenaustausch:

Ausgehend von einem vorhandenen Verformungsmodul auf dem Erdplanum von $E_{V2} = 20 \text{ MN/m}^2$ wäre eine Erhöhung der Frostschuttschicht um 20 cm erforderlich, um auf der Unterkante des planmäßigen Oberbaus den geforderten Verformungsmodul von $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$ zu erhalten.

Eine entsprechende Umsetzung bietet sich in den Bereichen der Bermenschüttung an, da dort bereits planmäßig die Schüttung von tragfähigem Material erfolgt.

Bodenverbesserung:

Um durch eine einfache Bodenstabilisierung den geforderten Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen, muss das Wegplanum bis in eine Tiefe von 0,5 m mit Kalk oder Mischbinder verbessert werden.

Die Menge und Zusammensetzung des Bindemittels richtet sich nach den örtlich anstehenden feinkörnigen Böden. Zu Kalkulationszwecken kann von 3 – 5 % Bindemittel ($15 - 25 \text{ kg/m}^2$) ausgegangen werden. Es wird empfohlen, die erforderlich Bindemittelmenge über Probefelder zu ermitteln.

4 Stand sicherheitsnachweise

In den Standsicherheitsbetrachtungen bleibt der Altdeich unberücksichtigt, d.h. es wird ein Bruch des Altdeiches, z.B. durch herausgerissene Wurzelballen (Windbruch) angenommen.

4.1 Bemessungswasserstand und Freibord, Verkehrslasten

Der Bemessungswasserstand wird vom Auftraggeber mit einer Höhe von $BHW = 94,10 \text{ m} + \text{NN}$ angegeben.

Der vertikale Abstand zwischen der wasserseitigen Böschungsschulter und dem Bemessungswasserstand $BHW = 94,10 \text{ m} + \text{NN}$ wird als **Freibord** bezeichnet und beträgt im Vorliegenden $f = 0,8 \text{ m}$.

Als Verkehrslast im Rahmen der Deichverteidigung wird auf dem Deichverteidigungsweg in der ständigen Bemessungssituation BS P ein SLW 30 mit einer Ersatzflächenlast von $p = 16,7 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Für die außergewöhnliche Bemessungssituation BS A wird eine Ersatzflächenlast von $p = 25 \text{ kN/m}^2$ angesetzt (entspricht der Nachrechnungsklasse SLW 45).

4.2 Einwirkungen und Bemessungssituationen

Die Einwirkungen auf den Deich werden in ständige und veränderliche Einwirkungen eingeteilt. **Ständige Einwirkungen** sind Eigengewicht und Auflasten sowie ggf. der Erddruck. Die Einwirkungen aus dem Bemessungshochwasser bzw. dem schnell aus dem Bemessungshochwasser fallenden Wasserspiegel wie auch die Verkehrslasten werden den **veränderlichen Einwirkungen** zugeordnet.

Hinzu kommen die **außergewöhnlichen Einwirkungen** wie ein über dem Bemessungshochwasser liegendes, extremes Hochwasserereignis (bordvoll) sowie Einwirkungen, welche aus dem Ausfall von Dichtungen oder Dränagen resultieren.

Kombinationen aus den Einwirkungen werden den Bemessungssituationen zugeordnet, wobei (wiederum) unterschieden wird in die:

Ständige Bemessungssituation	BS-P
Vorübergehende Bemessungssituation	BS-T
Außergewöhnliche Bemessungssituation	BS-A

In der folgenden Tabelle sind die Einwirkungen und die Bemessungssituationen dargestellt, welche beim Rehbachdeich zu berücksichtigen sind:

Tabelle 2 Bemessungssituationen (DWA-M 507 Tab. 4)

Einwirkungen		Bemessungssituation					
		BS-P ständig		BS-T vorüberg.	BS-A außergewöhnlich		
		P.1	P.2	T.1	A.1	A.2	A.3
Ständige	Eigenlast, Auflast	X	X	X	X	X	X
	Verkehrslast	X	X	X	X	X	X
	BHW	X				X	
	schnell fallender Wsp. aus BHW		X				
	BauHW			X			X
	Wasserstand „bordvoll“				X		
	Versagen von Dichtungen oder Drainagen					X	X

Im Vorliegenden sind weder Bauzustände noch der Ausfall von Dichtungen oder Drainagen zu berücksichtigen. Zu untersuchen sind die ständigen Bemessungssituationen BS P.1 und BS P.2 sowie die außergewöhnliche Bemessungssituation BS A.1.

4.3 Übersicht durchgeführter Standsicherheitsnachweise

Die geotechnische Erkundung des Ausbauabschnittes erfolgte an insgesamt 21 Profilen (Profil LI, Profil 1 bis Profil 20), die Lage der Profile ist im Lageplan in der Anlage 1 dargestellt.

Die Profile werden in Haupt- und Nebenprofile unterteilt; die Standsicherheitsnachweise erfolgen umfänglich an den Hauptprofilen sowie teilweise an den Nebenprofilen.

In der Tabelle 2 sind die Haupt- und Nebenprofile aufgelistet:

Tabelle 3: Übersicht Haupt- und Nebenprofile

Profil	Station		Profil	Station	
Profil LI	0+185	Nebenprofil			
Profil 1	0+520	Hauptprofil	Profil 11	2+015	Nebenprofil
Profil 2	0+750	Nebenprofil	Profil 12	2+126	Nebenprofil
Profil 3	0+882	Hauptprofil	Profil 13	2+283	Nebenprofil
Profil 4	1+258	Nebenprofil	Profil 14	2+385	Nebenprofil
Profil 5	1+395	Hauptprofil	Profil 15	2+583	Hauptprofil
Profil 6	1+484	Nebenprofil	Profil 16	2+813	Nebenprofil
Profil 7	1+572	Nebenprofil	Profil 17	3+012	Hauptprofil
Profil 8	1+692	Nebenprofil	Profil 18	3+170	Nebenprofil
Profil 9	1+773	Nebenprofil	Profil 19	3+482	Nebenprofil
Profil 10	1+895	Hauptprofil	Profil 20	3+695	Hauptprofil

Die im Folgenden aufgeführten Standsicherheitsnachweise wurde durchgeführt:

- Standsicherheit der wasserseitigen Böschung nach DIN 4084 (Hauptprofile)
- Standsicherheit der landseitigen Böschung gegen Abschieben unter Auftrieb (Haupt- und Nebenprofile)
- Auftriebssicherheit und Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch (Haupt- und Nebenprofile)

4.4 Standsicherheit der wasserseitigen Böschung nach DIN 4084

Die Standsicherheit der wasserseitigen Böschung wurde im Gleitkreisverfahren (Böschungsbruchberechnung nach DIN 4084) untersucht. Dabei werden je Rechengang mehrere tausend Gleitkreise berechnet. Der jeweils ungünstigste Gleitkreis ist in den Anlagen 2.1 bis 2.7 dargestellt.

Die Lastfalleinteilung erfolgt nach DIN 19712:2013 bzw. DWA-M 507 für die im Abschnitt 4.2 erläuterten Bemessungssituationen.

- BS - P.1: Beanspruchung durch Einstau auf BHW
- BS - P.2: Beanspruchung durch Schnelle Spiegelsenkung auf 1/3 BHW
- BS - A.1: Beanspruchung durch Einstau bis Krone (bordvoll)

Die Berechnungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

Tabelle 4: Berechnungsergebnisse Standsicherheit der wasserseitigen Böschung

Profil	Station	Geländestation *)	Bemessungssituation	Ausnutzungsgrad μ_{\max}	Anlage
Profil 1	0+520	0+500	BS - P.1	0,75	2.1a
			BS - P.2	0,89	2.1b
			BS - A.1	0,56	2.1c
Profil 3	0+882	0+850	BS - P.1	0,52	2.2a
			BS - P.2	0,57	2.2b
			BS - A.1	0,36	2.2c
Profil 5	1+395	1+400	BS - P.1	0,55	2.3a
			BS - P.2	0,64	2.3b
			BS - A.1	0,38	2.3c
Profil 10	1+895	1+900	BS - P.1	0,56	2.4a
			BS - P.2	0,69	2.4b
			BS - A.1	0,39	2.4c
Profil 15	2+583	2+600	BS - P.1	0,68	2.5a
			BS - P.2	0,91	2.5b
			BS - A.1	0,49	2.5c
Profil 17	3+012	3+000	BS - P.1	0,58	2.6a
			BS - P.2	0,83	2.6b
			BS - A.1	0,45	2.6c
Profil 20	3+695	3+700	BS - P.1	0,57	2.7a
			BS - P.2	0,82	2.7b
			BS - A.1	0,43	2.7c

*) Die Berechnungen wurden an den Querprofilen der Ausführungsplanung durchgeführt

Wie aus der Tabelle 3 ersichtlich, ergeben sich für die Bemessungssituation BS – P.2 die höchsten Ausnutzungsgrade:

Der Einstau des Deiches führt zur Infiltration und Teilsättigung des Deiches. In der Regel sinkt der Wasserstand nach dem Hochwasserereignis schneller, als das Wasser aus dem Deich aussickern kann. Dadurch kann sich, vor allem bei gemischtkörnigen und bindigen Böden, eine böschungsparelle Durchströmung im Deichkörper einstellen. Dieser Vorgang der sogenannten "Schnellen Spiegelsenkung" stellt den maßgebenden Lastfall für die Wasserseite des Deiches dar.

Alle anderen Bemessungssituationen – wie z. B. der Einstau auf BHW (BS-P.1) führen zu deutlich geringeren Ausnutzungsgraden bzw. höheren Sicherheiten.

Für die Standsicherheit der landseitigen Böschung ist der Nachweis gegen Abschieben der Verteidigungsberme unter Auftrieb maßgebend.

4.5 Standsicherheit der landseitigen Böschung

Maßgebend für die statischen Nachweise der Landseite ist u.a. die Höhe des Druckwasserspiegels an der Unterseite der Deckschichten, welcher für die nachfolgenden Berechnungen auf der sicheren Seite liegend auf Höhe des Bemessungswasserstandes angesetzt wurde.

Versagensmechanismus:

Bei einem Hochwasser stellt sich unter der bindigen Deckschicht ein Wasserdruck ein, welcher maßgeblich vom Wasserstand im Rehbach beeinflusst wird. Durch diese Druckverhältnisse kann es durch den Auftrieb zu einem Anheben der Deckschicht und des darüber liegenden Deichkörpers kommen. Durch den aktiven Erddruck des wasserseitig gelegenen Deichkörpers und einer etwaigen Sickerwasserströmung kommt es zu einem annähernd horizontalen Abgleiten des Bruchkörpers auf dem Kies- bzw. Sandlager. Das Versagen der Böschung kann durch einen Starrkörperbruchmechanismus beschrieben werden. In der Anlage 3.0 ist beispielhaft der Bruchmechanismus für das Versagen wasserseitig der Berme am fiktiven Böschungfußpunkt (Schnitt X - X) des mindestens erforderlichen Deichprofils dargestellt.

Lastansätze:

Beim Standsicherheitsnachweis „Abschieben der Verteidigungsberme“ in der Bemessungssituation BS-P werden folgende Einwirkungskombinationen berücksichtigt:

- Eigenlast
- Verkehrslast mit $p = 16,7 \text{ kN/m}^2$ (Ersatzflächenlast für SLW 30)
- Wasserdruck und Strömungskräfte bei BHW

Um innerhalb des Gesamtausbaus der Rehbacheiche, eingeschlossen der bereits ausgebauten südlichen Deiche, eine einheitliche und hinsichtlich der Hochwassersicherheit vergleichbare Berechnung zu erhalten, wurde in der Bemessungssituation BS-A eine Verkehrslast von $p = 25,0 \text{ kN/m}^2$ (Ersatzflächenlast für Nachrechnungsklasse SLW 45) als außergewöhnliche Belastung angesetzt, auch wenn dies gemäß DIN 19712:2013 nicht erforderlich wäre, siehe auch Tabelle 1 im Abschnitt 4.2. Der Kronenstau (Wellenauflauf und Windstau) wirkt sich i.d.R. nicht auf die Wasserdruckverhältnisse luftseitig des Deiches aus und wird deshalb in der Bemessungssituation BS-A nicht berücksichtigt.

Aufbauend auf den oben beschriebenen Druckwasserspiegellagen und Lastansätzen wird die mindestens erforderliche Bermenhöhe h_D zur Einhaltung der Sicherheit gegen Abschieben unter Auftrieb für die durch Bohrungen und Bohrsondierungen erkundeten Profile ermittelt.

Zur besseren Übersicht sind die erforderliche Bermenhöhe h_D sowie die ermittelten Restsicherheiten $\eta^{(1)}$ der Profile in den nachfolgenden Tabellen 3 und 4 zusammengestellt.

Tabelle 5: Sicherheit der landseitigen Berme gegen Abschieben unter Auftrieb

HWR Polder Mechtersheim							
Sicherheit der landseitigen Berme gegen Abschieben unter Auftrieb							
Anl.-Nr.	ca. Station [Bau-km]	Bau- Abschnitt	BHW [m+NN]	W_{B1}/ W_{B2} [m+NN]	Höhe Berme h_D [m]	Sicherheit $\eta^{(1)}$ gegen Abschieben	
						η_{SLW30}	η_{SLW45}
3.1a-c	1+400		94,10	94,10	0,10	1,70	1,88
3.2a	1+500		94,10	94,10	0,10	1,53	1,70
3.3a	1+600		94,10	94,10	0,10	1,66	1,78
3.4a	1+700		94,10	94,10	0,10	1,55	1,66
3.5a	1+800		94,10	94,10	0,10	1,72	1,87
3.6a-c	1+900		94,10	94,10	0,10	1,70	1,85
3.7a	2+000		94,10	94,10	0,10	1,72	1,84
3.8a	2+400		94,10	94,10	0,10	1,68	1,79
3.9a	2+500		94,10	94,10	0,90	1,33	1,49
3.10a-c	2+600		94,10	94,10	0,90	1,30	1,29
3.11a	2+700		94,10	94,10	0,40	1,36	1,51
3.12a	2+800		94,10	94,10	0,10	1,82	2,04
3.13a	2+900		94,10	94,10	0,10	1,56	1,73
1.14a-c	3+000		94,10	94,10	0,10	1,56	1,73
3.15a	3+100		94,10	94,10	0,10	1,83	2,08
3.16a	3+200		94,10	94,10	0,10	1,30	1,45
3.17a	3+300		94,10	94,10	0,10	1,83	2,08
1.18a	3+500		94,10	94,10	0,10	1,91	2,09
3.19a	3+600		94,10	94,10	0,10	1,60	1,71
3.20a-c	3+700		94,10	94,10	1,00	1,30	1,46
3.21a	3+800		94,10	94,10	0,10	1,68	1,84

⁽¹⁾ Die Restsicherheiten beschreiben hier die Sicherheit bei Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2005. Dies entspricht dem Kehrwert (reziproke Wert) des Ausnutzungsgrades. Eine ausreichende Standsicherheit ist somit bei $\eta \geq 1$ gegeben.

4.6 Suberosionsgefährdung

Eine Gefährdung der Deichstandsicherheit kann durch Erosionsvorgänge unterhalb der bindigen Deckschicht im Hinterland und im Deichlager eintreten. Durch pflanzliche oder tierische Einwirkung entstehen in den bindigen Deckschichten Wegigkeiten (Hohlräume, Röhrenbildungen). Die hohen Wasserdrücke und die Düseneffekte dieser Wegigkeiten führen zu einer Ausspülung der unter den Deckschichten anstehenden meist gleichkörnigen Sande. Diese Erosionsvorgänge sind während und nach Hochwässern an Sandkraterbildungen im Deichhinterland sichtbar.

Grundsatzuntersuchungen von MÜLLER-KIRCHENBAUER (1985) über diese Vorgänge führten zu dem Ergebnis, dass bei Sandkratern, die nahe am landseitigen Deichfuß liegen, die anfänglich radiale Erosion der Fein-Mittelsande in eine kanalartige, wasserseitig gerichtete Erosion übergeht. Bedingt durch die bindige Deckschicht stürzen diese Erosionskanäle nach einem Hochwasserereignis nicht ein, so dass sich bei dem nächsten Hochwasserereignis der Erosionsvorgang an der selben Stelle fortsetzen kann. Erreicht ein Erosionskanal die Wasserseite, ergeben sich im Erosionskanal lokal hohe Strömungsgeschwindigkeiten. Dies ist mit einem Erodieren der Fein-Mittelsande mit progressivem Verlauf verbunden. Durch diesen Materialentzug unterhalb des Deichlagers ist ein Absacken des Deiches zu erwarten. Letztendlich kann der Bruch des Deiches die Folge sein.

Die Grundsatzuntersuchungen zeigen weiter, dass es bei Sandkratern, die einen genügenden Abstand vom Böschungsfuß aufweisen, nur zu lokal begrenzten Erosionsvorgängen kommt. Ein Wandern der Erosionsfront in Richtung der Wasserseite ist hierbei nicht zu erwarten.

Um die für die Standsicherheit gefährlichen Erosionskanalbildungen von solchen mit nur flächenhafter, lokal begrenzter Materialerosion unterscheiden zu können, wurde bei den Grundsatzuntersuchungen ein kritisches Gefälle - nachfolgend als Kontrollgefälle bezeichnet - eingeführt. Dieses wird durch eine landseitig geneigte Gerade charakterisiert, die am wasserseitigen Böschungsfuß auf der Höhe des Bemessungswasserspiegels beginnt und das Deichhinterland in einem gewissen Abstand zum Böschungsfuß schneidet. Bei Sandkratern, die innerhalb des Bereichs zwischen Böschungsfuß und Schnittpunkt der Kontrollgefälleinie mit dem Hinterland liegen, kann es zu der o.g. gefährlichen kanalartigen Erosion kommen. Sandkrater, die außerhalb dieses Bereichs beobachtet werden, sind ungefährlich. Die Neigung der Kontrollgefälleinie wird nach MÜLLER-KIRCHENBAUER durch die im Deichlager anstehenden Untergrundverhältnisse bestimmt.

Nach den Bohr- und Sondierergebnissen wurden im Untergrund auch Wechsellagerungen von Schluffen/Tonen mit Fein-/Mittelsanden bzw. Wechsellagerungen von Fein-/Mittelsanden und Kiessanden beobachtet.

Nach MÜLLER-KIRCHERNBAUER gilt für Feinsande ein Kontrollgefälle von $i_{krit} = 0,06$ bis $0,08$. In Abhängigkeit des bei den Bohrarbeiten angetroffenen Untergrundaufbaus wird nach MÜLLER-KIRCHERNBAUER, H. (1985) bzw. DAVIDENKOFF, R. (1970) ein zulässiges Kontrollgefälle von $i_{krit} = 0,075 = 7,5\%$ angesetzt.

Wie in den Planunterlagen in /U4/ dargestellt, verläuft die Kontrollgefällelinie generell unterhalb des Geländeniveaus im Hinterland. Eine Suberosionsgefährdung besteht nicht.

4.7 Auftriebssicherheit, Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch

Die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch sowie die Auftriebssicherheit am landseitigen Böschungsfuß ist als Grenzzustand 1A (Verlust der Lagesicherheit) nachzuweisen. Analog zur Vorgehensweise beim Nachweis des Abschiebens der Verteidigungsberme unter Auftrieb wird dieser Nachweis am landseitigen theoretischen Böschungsfuß (Schnitt X – X) geführt.

Die Auftriebssicherheit und die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch wurden bei Ansatz des Bemessungsdruckwasserspiegels $W_{BHW} = 94,10 \text{ m+NN}$ unter Berücksichtigung der Mindestbermenhöhe h_D ermittelt.

Der Vergleich der Bermenhöhen aus dem Abschiebenachweis (Spalte h_D) mit der erforderlichen Höhe (Spalte $h_{D,eff}$) für die Einhaltung der ausreichenden Sicherheit gegen Auftrieb (Anlage 4.1) bzw. den hydraulischen Grundbruch (Anlage 4.2) zeigt, dass dieser Nachweis nicht maßgebend wird.

5 Hochliegendes Hinterland

Am Ortsrand von Limburgerhof, zwischen Station 0+000 bis 0+450, liegt das Hinterland zumeist so hoch, dass keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. In einigen Bereichen ist jedoch eine Geländeerhöhung bis auf die festgelegte Höhe des ab Station 0+450 beginnenden Deiches von 94,9 m+NN erforderlich.

Auf dem bestehenden Gelände bzw. auf der Geländeerhöhung wird ein Unterhaltungsweg angelegt und an den Deichverteidigungsweg angeschlossen. Der Unterhaltungsweg wird für eine Verkehrslast entsprechend einem SLW 30 ausgebaut.

Der bestehende Gewässerrand ist mit Sträuchern und Gehölzen bewachsen, welche - analog zur Deichstrecke - erhalten werden.

Die Standsicherheit der Gewässerböschung wurde entsprechend der im Abschnitt 4 beschriebenen Vorgehensweise für den Fall eines Windbruches und vollständiger Erosion des bewachsenen Böschung an zwei Profilen, 0+300 und 0+400 untersucht, die Berechnungen sind als Anlagen 6.1 und 6.2 beigelegt.

Die Berechnungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

Tabelle 6: Berechnungsergebnisse Standsicherheit der wasserseitigen Böschung

Schichtverhältnisse	Schichtprofile	Geländestation	Bemessungssituation	Ausnutzungsgrad μ_{\max}	Anlage
Profil 1 /U2/	0+520	0+400	BS - P.1	0,73	6.1a
			BS - P.2	0,82	6.1b
			BS - A.1	0,53	6.1c
Profil LI /U2/	0+200	0+300	BS - P.1	0,86	6.2a
			BS - P.2	0,97	6.2b
			BS - A.1	0,63	6.2c

Der zulässige Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ wird nicht überschritten, die Standsicherheit der Gewässerböschungen sind für ausreichend.

5.1 Geländeauffüllung, Wegebau

Für die Geländeerhöhung wird die Verwendung des im Abschnitt 3.1 beschriebenen feinkörnigen (bindigen) Schüttmaterials der „Deichschüttung“ empfohlen. Der Einbau erfolgt analog der Deichschüttung unter ausreichender Verdichtung.

Zum Ausbau des Unterhaltungsweges gelten sinngemäß die Angaben im Abschnitt 3.2.

6 Zusammenfassung

Der Gewässerzweckverband Rehbach-Speyerbach beabsichtigt die Sanierung der nördlichen Hochwasserschutzdeiche am Rehbachunterlauf. Der Ausbauabschnitt beginnt in der Gemeinde Limburgerhof an der L 533 und erstreckt sich über eine Länge von 3,85 km bis kurz vor die RehbachschlieÙe auf Gemarkung Rheingönheim.

Die Untergrundverhältnisse sowie der Ausbauzustand und die Standsicherheitssituation wurden durch die Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH untersucht, die Untersuchungsergebnisse sind in den zugehörigen geotechnischen Gutachten beschrieben.

Der bestehende Deich ist mit Gehölzen bewachsen, der Bewuchs muss erhalten bleiben. Das Sanierungskonzept sieht daher den Neubau eines Hochwasserschutzdeiches landseitig des bestehenden Deiches vor.

(Dipl.-Ing. (FH) U. Hoppe)

(Dipl.-Ing. J. Santo)

Literatur

DIN 19712 : 2013-01	Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern
DWA-M 507-1 Betrieb	Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und
DIN EN 1997 (Eurocode 7)	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
DIN 19700, Teil 10:	Stauanlagen, Gemeinsame Festlegungen
DIN 4084:	Gelände- und Böschungsbruchberechnungen
Davidenkoff, R. (1970): Düsseldorf	Unterläufigkeit von Stauwerken, Werner-Verlag,
DIN 4149:2005-04	Bauten in deutschen Erdbebengebieten
Müller-Kirchenbauer, H.:	Erosionsvorgänge am RHWD XXV, Gutachten für das Wasserwirtschaftsamt Karlsruhe, 1985
Kärcher, K. et al. (1997)	Zur Standsicherheit, Auftriebssicherheit und Erosionsstabilität von Flussdeichen. Geotechnik 20: 276
Kärcher, K. et al. (2001)	Parameterstudie zur Größe der Wasserdrücke unter Deichen bei Hochwässern. Geotechnik 24: 201

Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
 Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche



Hauptprofil
Nebenprofil

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK
 Hauptstraße 152
 76744 Wörth - Schaidt
 Tel.: 06340 / 50 80 70 - 1



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
 Kreisverwaltung Rhein-Pfalz-Kreis Ludwigshafen
 Europaplatz 5, 76063 Ludwigshafen

Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
 Lageplan der geotechnischen Erkundung

Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Maßstab	Datum	Bearbeiter	gezeichnet
5400 D	1	M1: 7.500	10.03.2015	UH	UH

Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 1: Station 0+520 (Geländeprofil Station 0+500)

Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084

Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

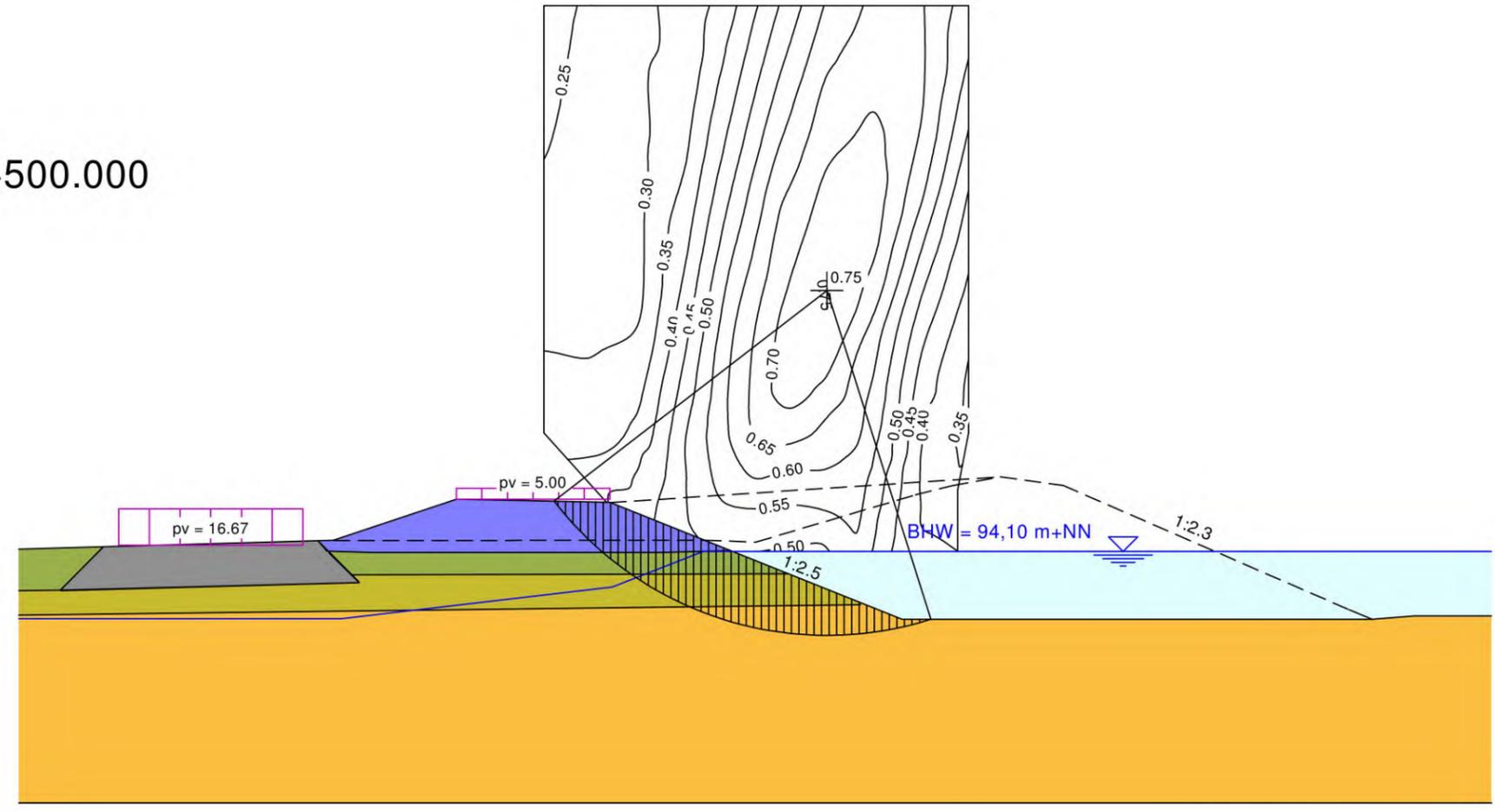
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.1a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Feinsand
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.75$
 $x_m = -2.83$ m
 $y_m = 98.35$ m
 $R = 5.61$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

0+500.000



-20 -15 -10 -5 0 5 10 15

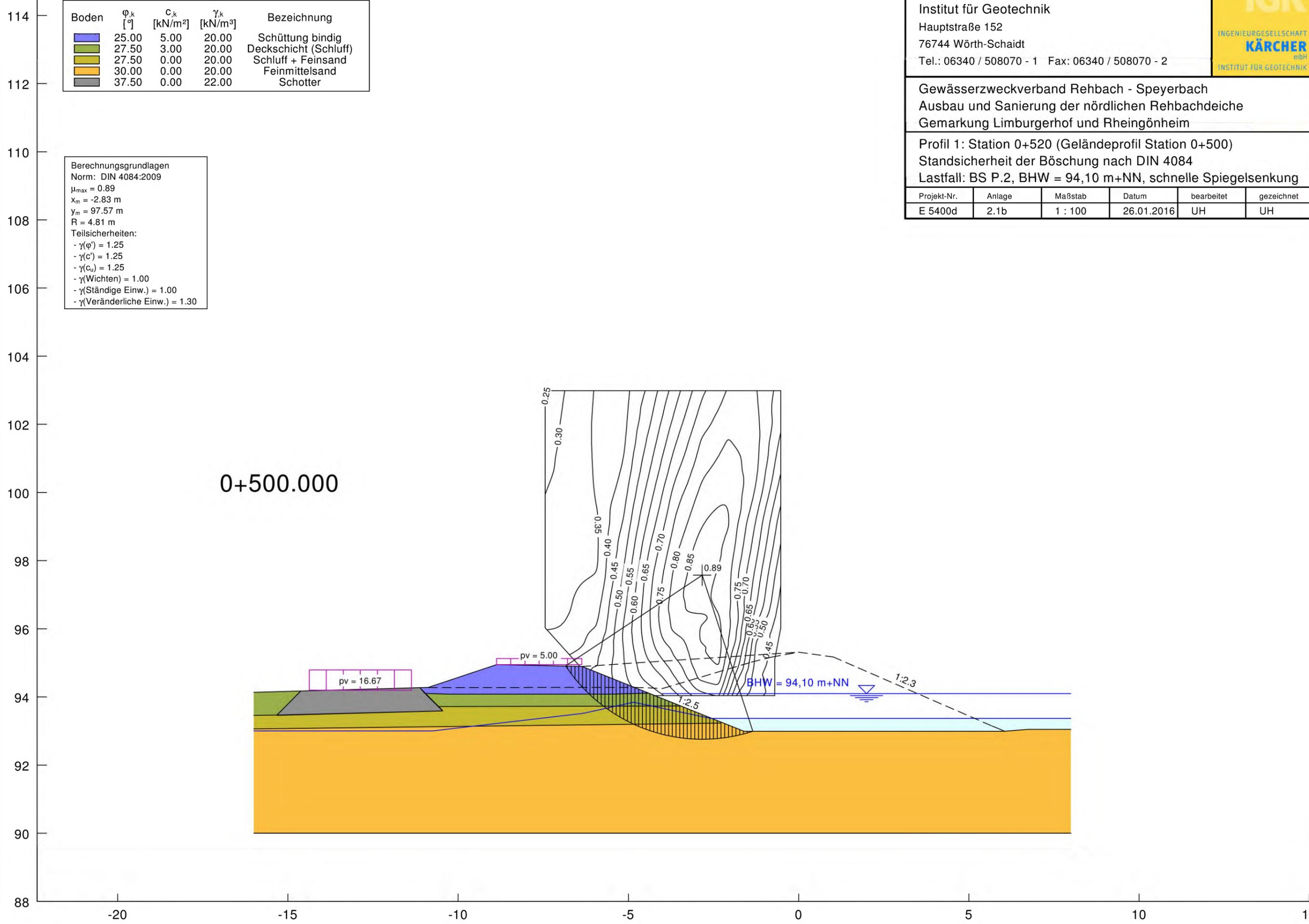
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 1: Station 0+520 (Geländeprofil Station 0+500)
Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegelsenkung

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.1b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Feinsand
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.89$
 $x_m = -2.83$ m
 $y_m = 97.57$ m
 $R = 4.81$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 1: Station 0+520 (Geländeprofil Station 0+500)

Standicherheit der Böschung nach DIN 4084

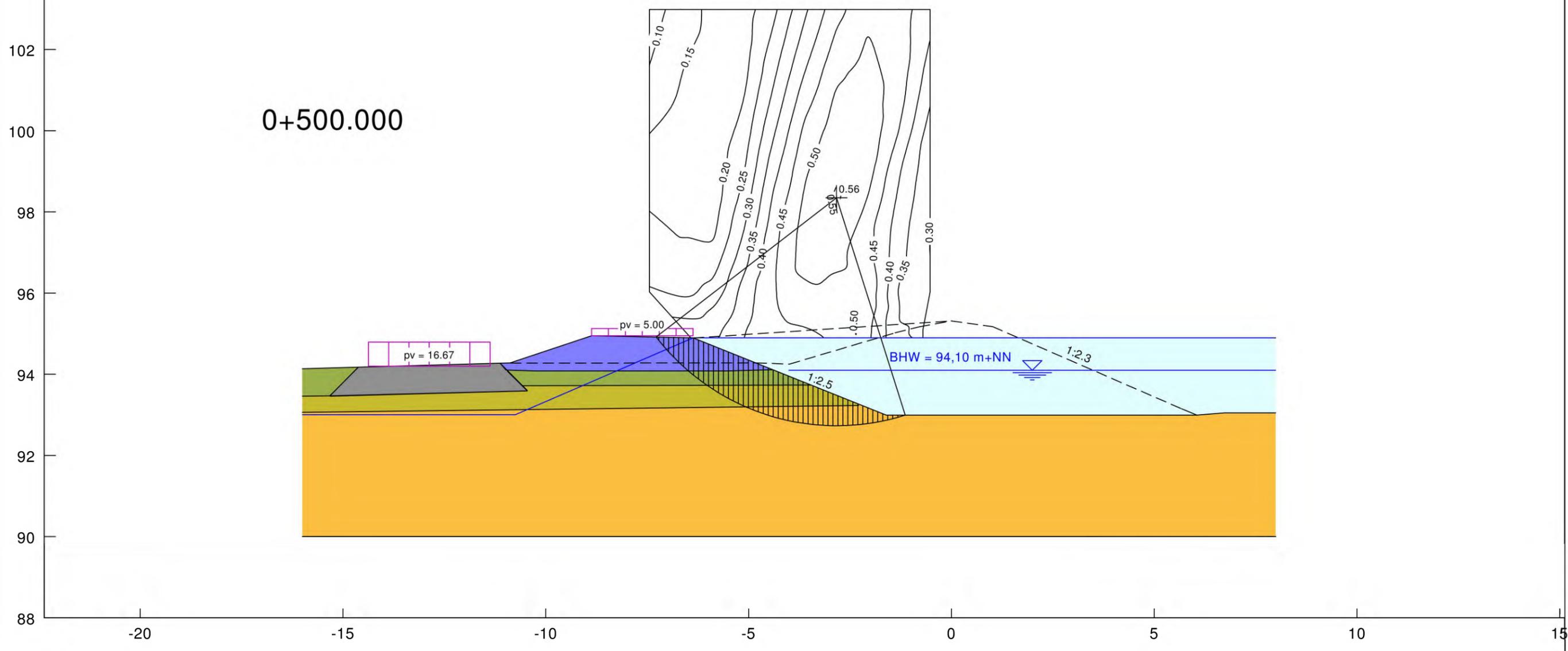
Lastfall: BS A.1, Wsp = 94,90 m+NN, bordvoll

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.1c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Feinsand
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.56$
 $x_m = -2.83$ m
 $y_m = 98.35$ m
 $R = 5.61$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

0+500.000



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 3: Station 0+882 (Geländeprofil Station 0+850)

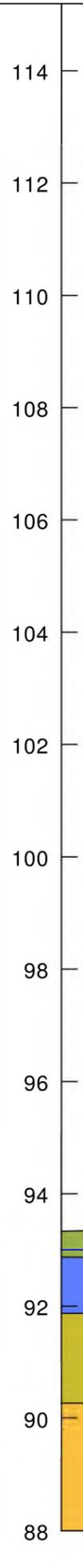
Standardsicherheit der Böschung nach DIN 4084

Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

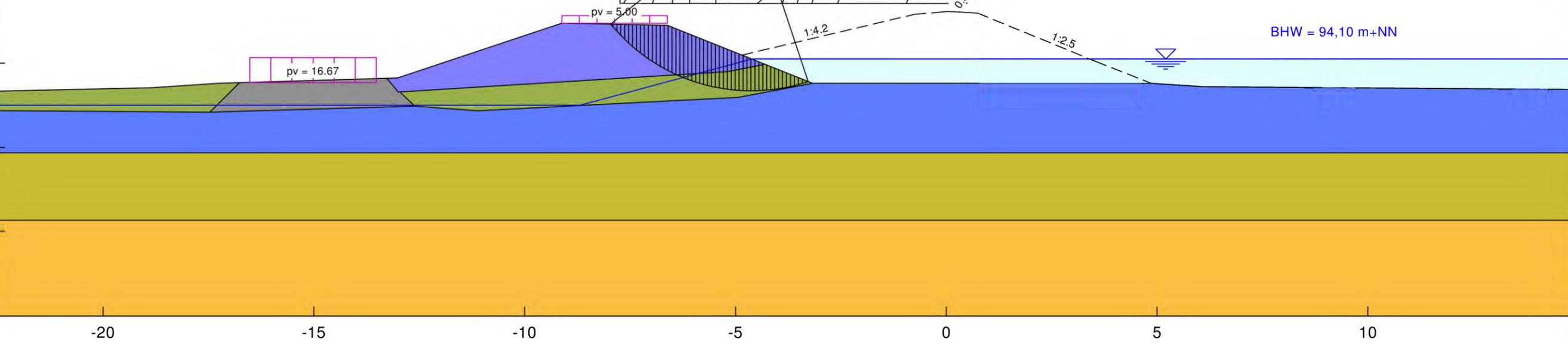
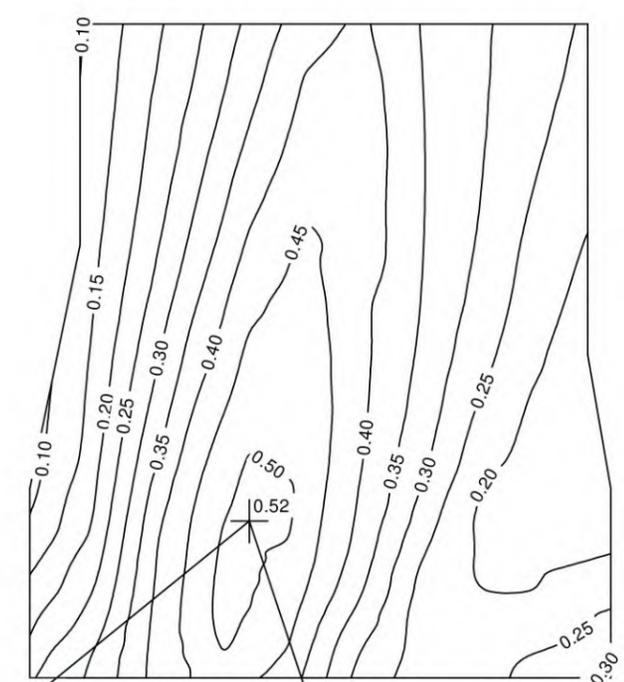
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.2a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Sand
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.52$
 $x_m = -4.63$ m
 $y_m = 97.63$ m
 $R = 4.29$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



0+850.000



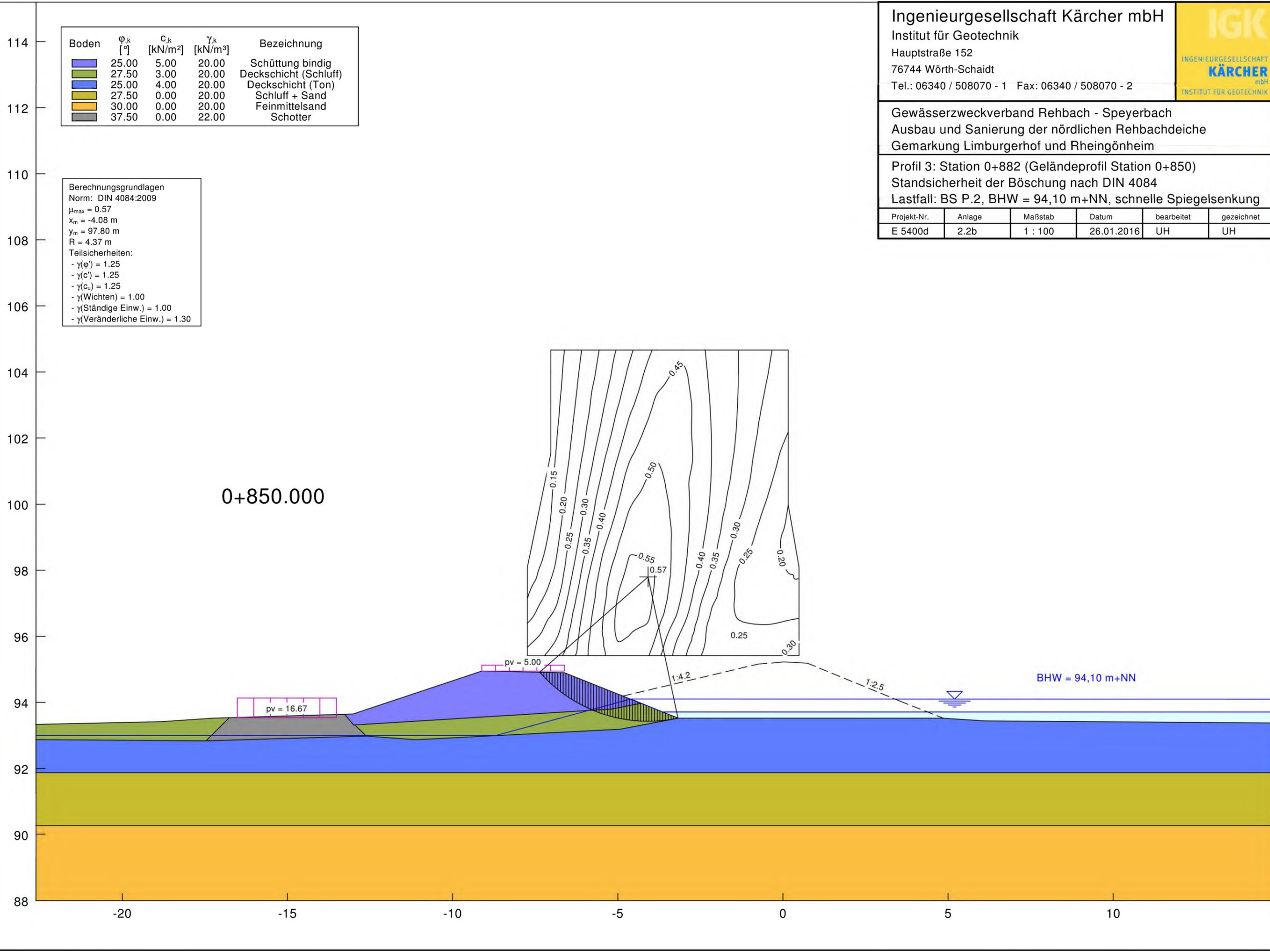
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 3: Station 0+882 (Geländeprofil Station 0+850)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegelsenkung

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.2b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Sand
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.57$
 $x_m = -4.08$ m
 $y_m = 97.80$ m
 $R = 4.37$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



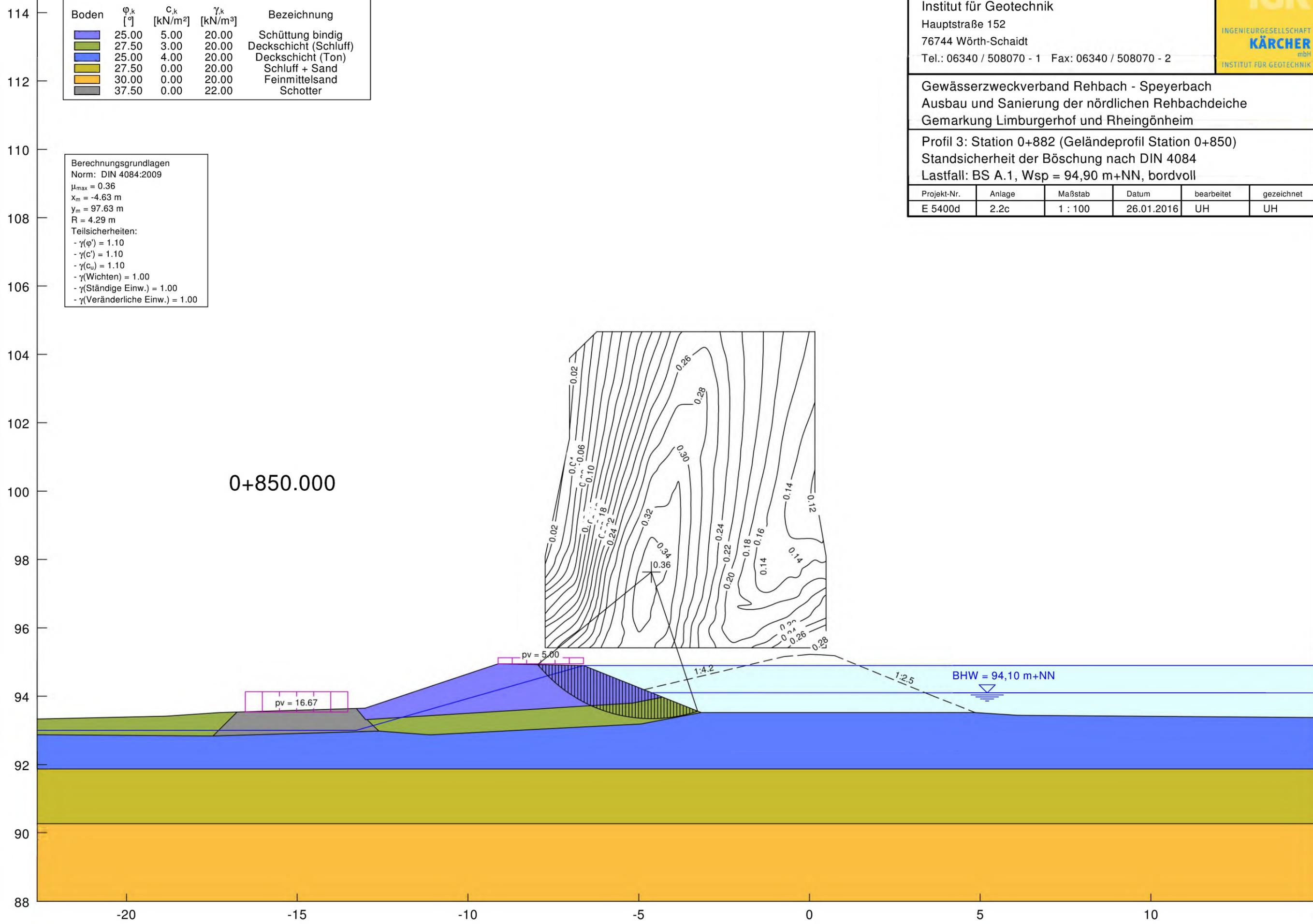
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
 Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
 Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 3: Station 0+882 (Geländeprofil Station 0+850)
 Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
 Lastfall: BS A.1, Wsp = 94,90 m+NN, bordvoll

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.2c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Sand
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
 Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.36$
 $x_m = -4.63$ m
 $y_m = 97.63$ m
 $R = 4.29$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi) = 1.10$
 - $\gamma(c) = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 5: Station 1+395 (Geländeprofil Station 1+400)

Standicherheit der Böschung nach DIN 4084

Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

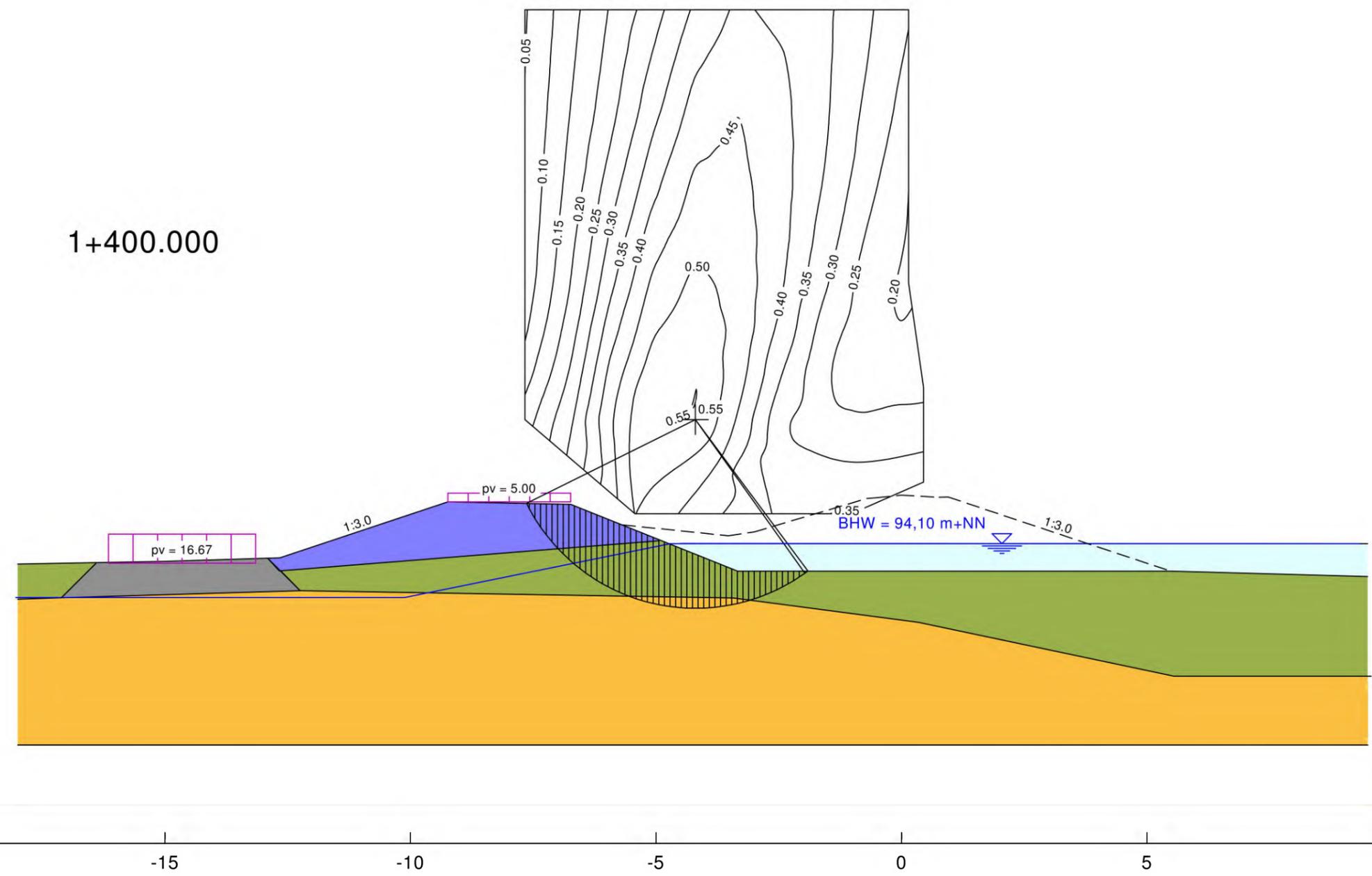
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.3a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.55$
 $x_m = -4.19$ m
 $y_m = 96.62$ m
 $R = 3.84$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

1+400.000



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 5: Station 1+395 (Geländeprofil Station 1+400)
Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegelsenkung

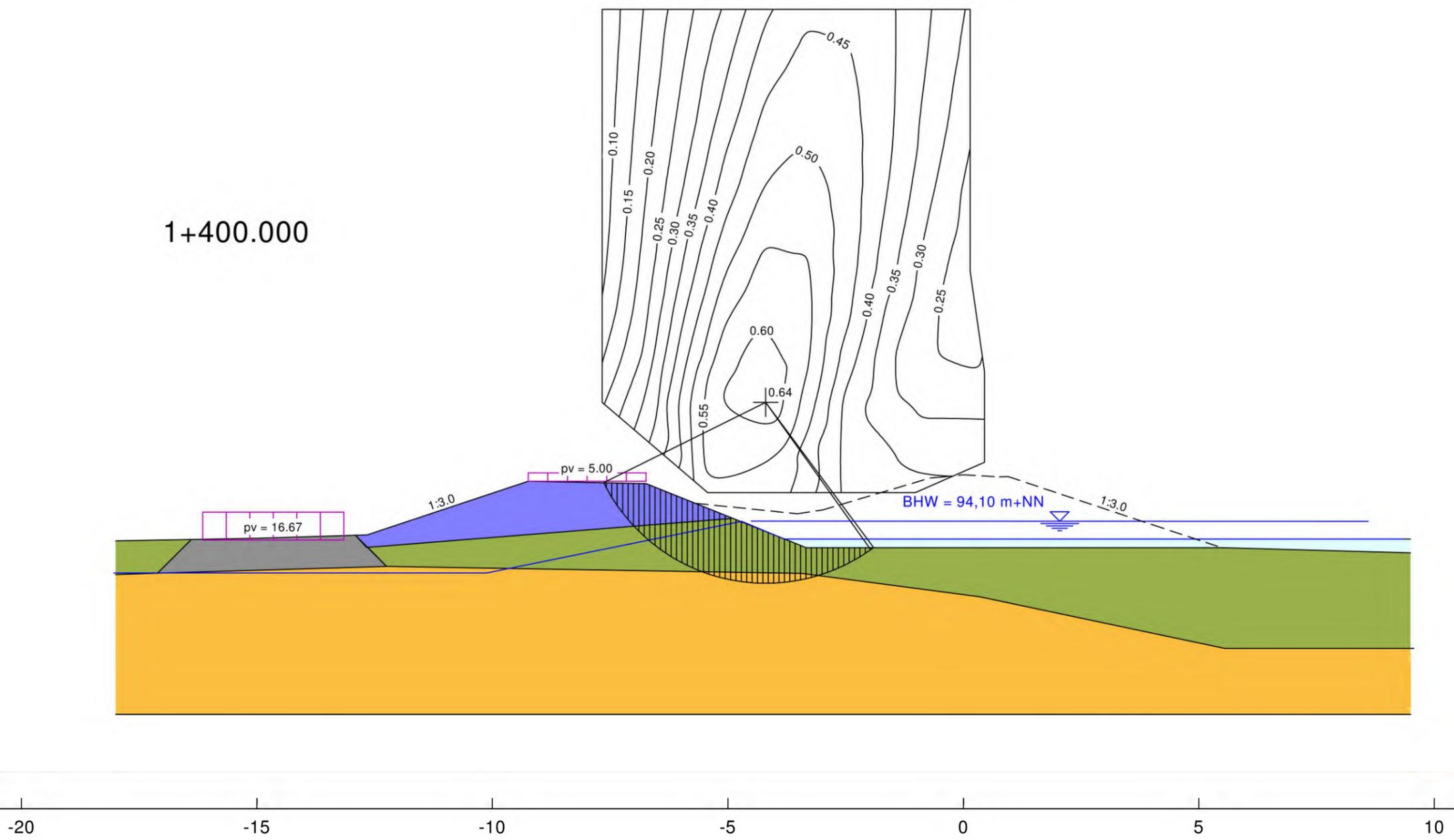
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.3b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.64$
 $x_m = -4.19$ m
 $y_m = 96.62$ m
 $R = 3.84$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

1+400.000



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 5: Station 1+395 (Geländeprofil Station 1+400)

Standicherheit der Böschung nach DIN 4084

Lastfall: BS A.1, Wsp = 94,90 m+NN, bordvoll

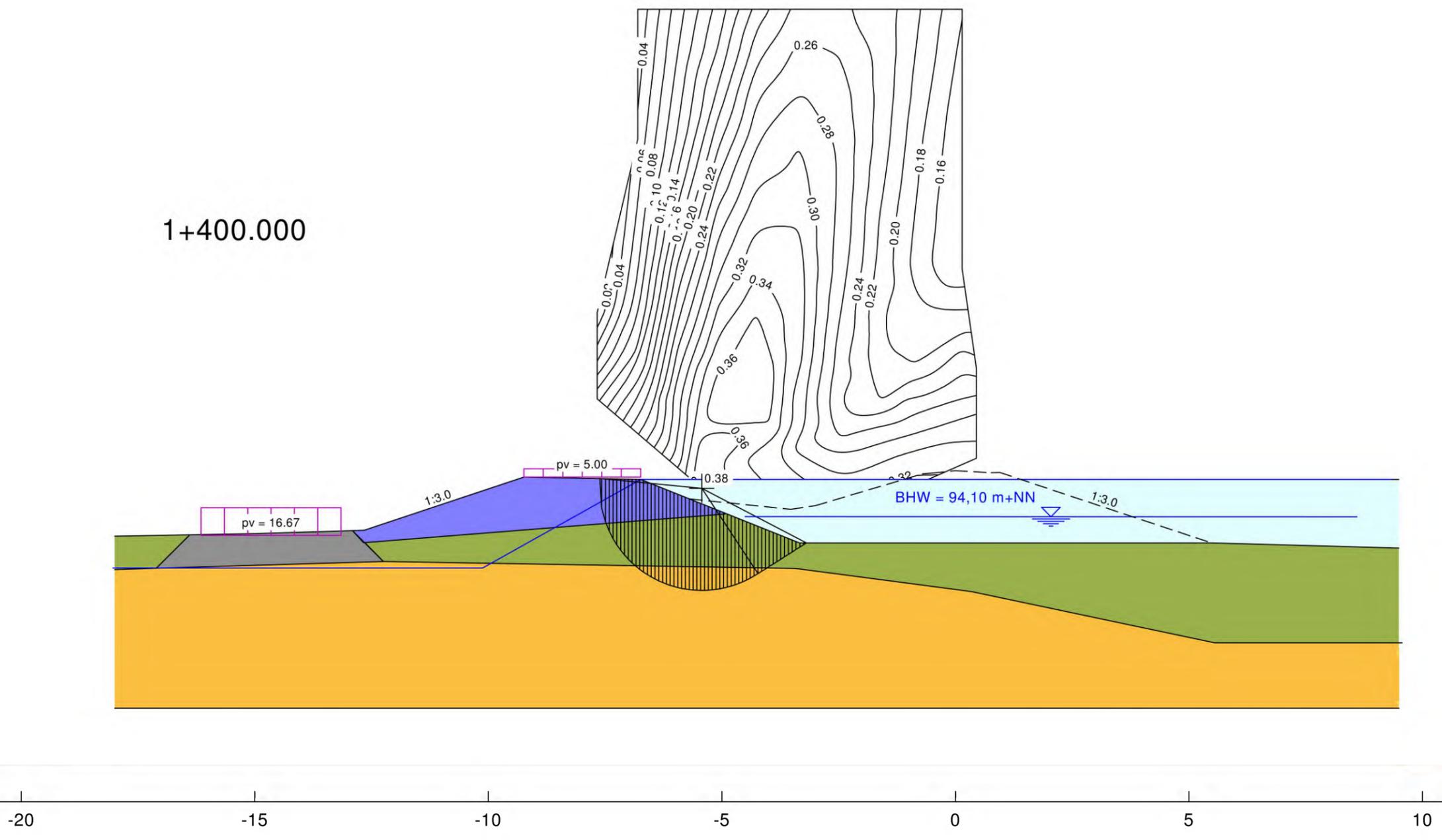
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.3c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	30.00	0.00	20.00	Feinmittelsand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.38$
 $x_m = -5.43$ m
 $y_m = 94.71$ m
 $R = 2.19$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

1+400.000



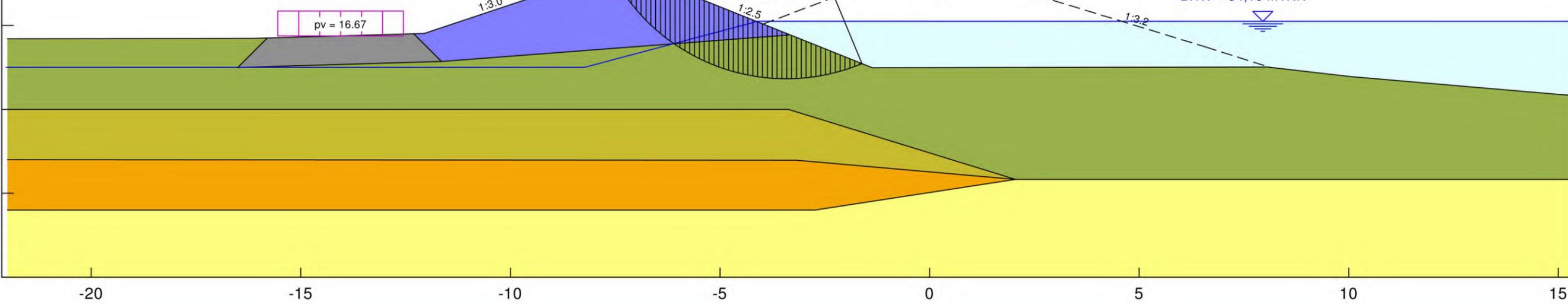
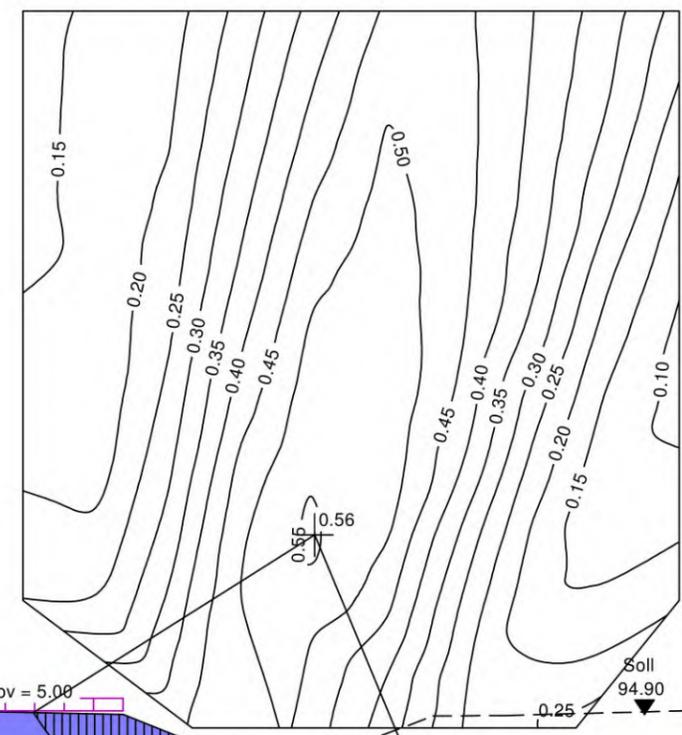
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.4a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Sand
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	20.00	Kiessand
	37.50	0.00	20.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
 Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.56$
 $x_m = -3.42$ m
 $y_m = 97.44$ m
 $R = 4.71$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

1+900.000



-20 -15 -10 -5 0 5 10 15

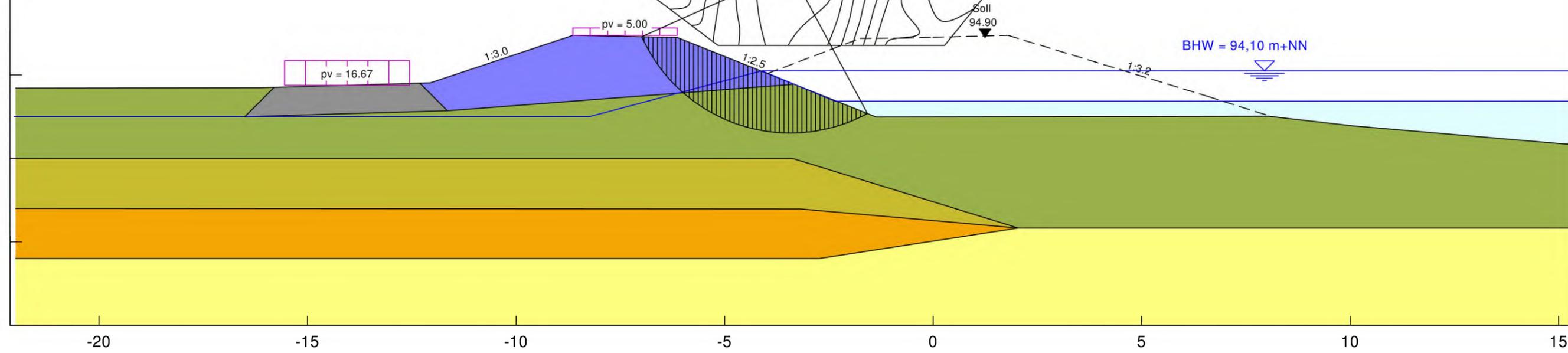
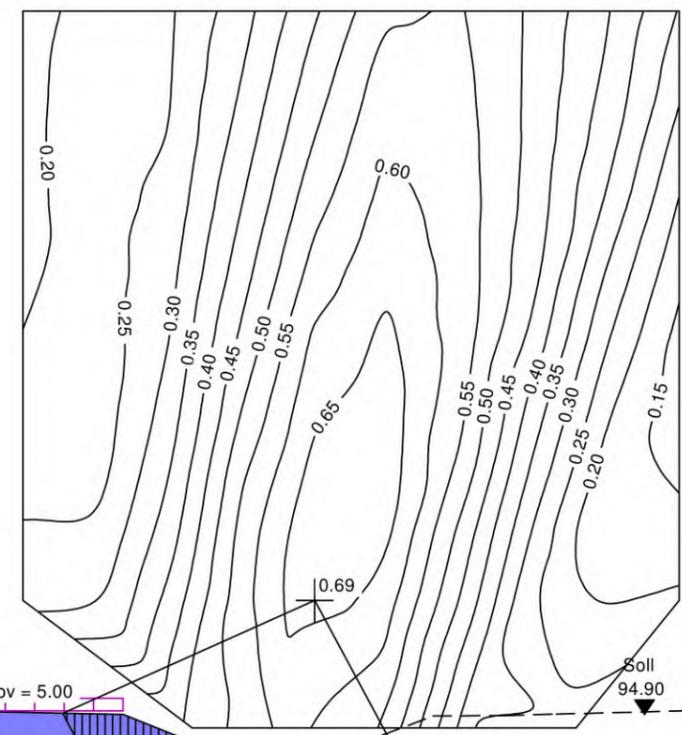
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.4b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Sand
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	20.00	Kiessand
	37.50	0.00	20.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.69$
 $x_m = -3.42$ m
 $y_m = 96.51$ m
 $R = 3.90$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

1+900.000



-20 -15 -10 -5 0 5 10 15

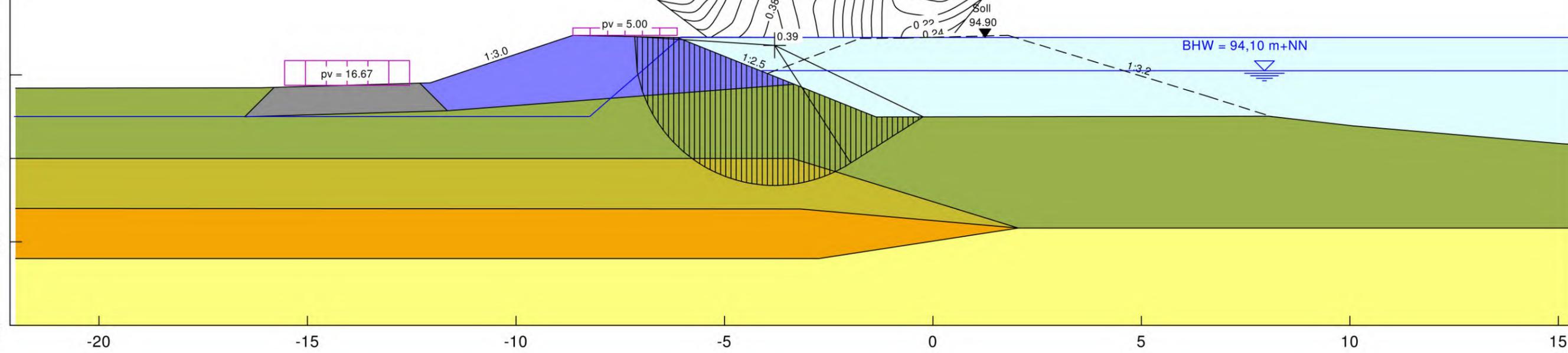
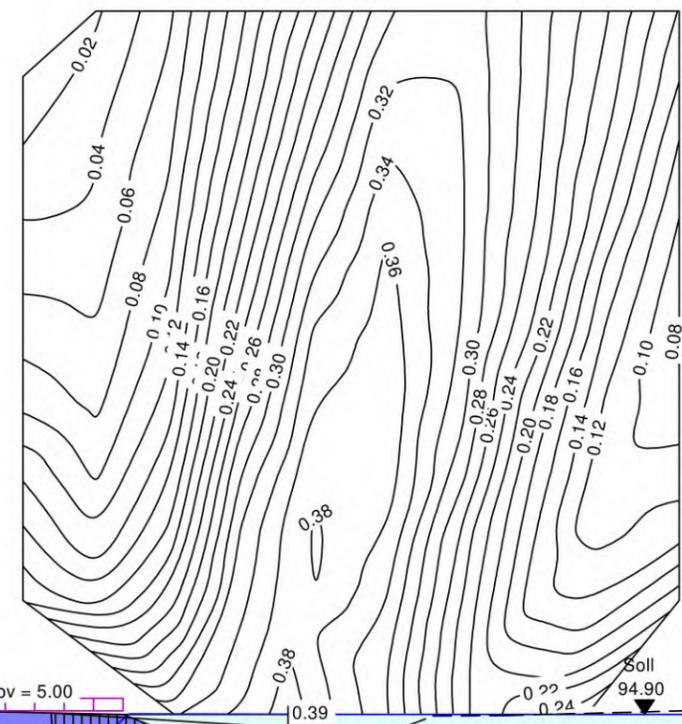
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.4c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	27.50	0.00	20.00	Schluff + Sand
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	20.00	Kiessand
	37.50	0.00	20.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.39$
 $x_m = -3.80$ m
 $y_m = 94.71$ m
 $R = 3.36$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

1+900.000



-20 -15 -10 -5 0 5 10 15

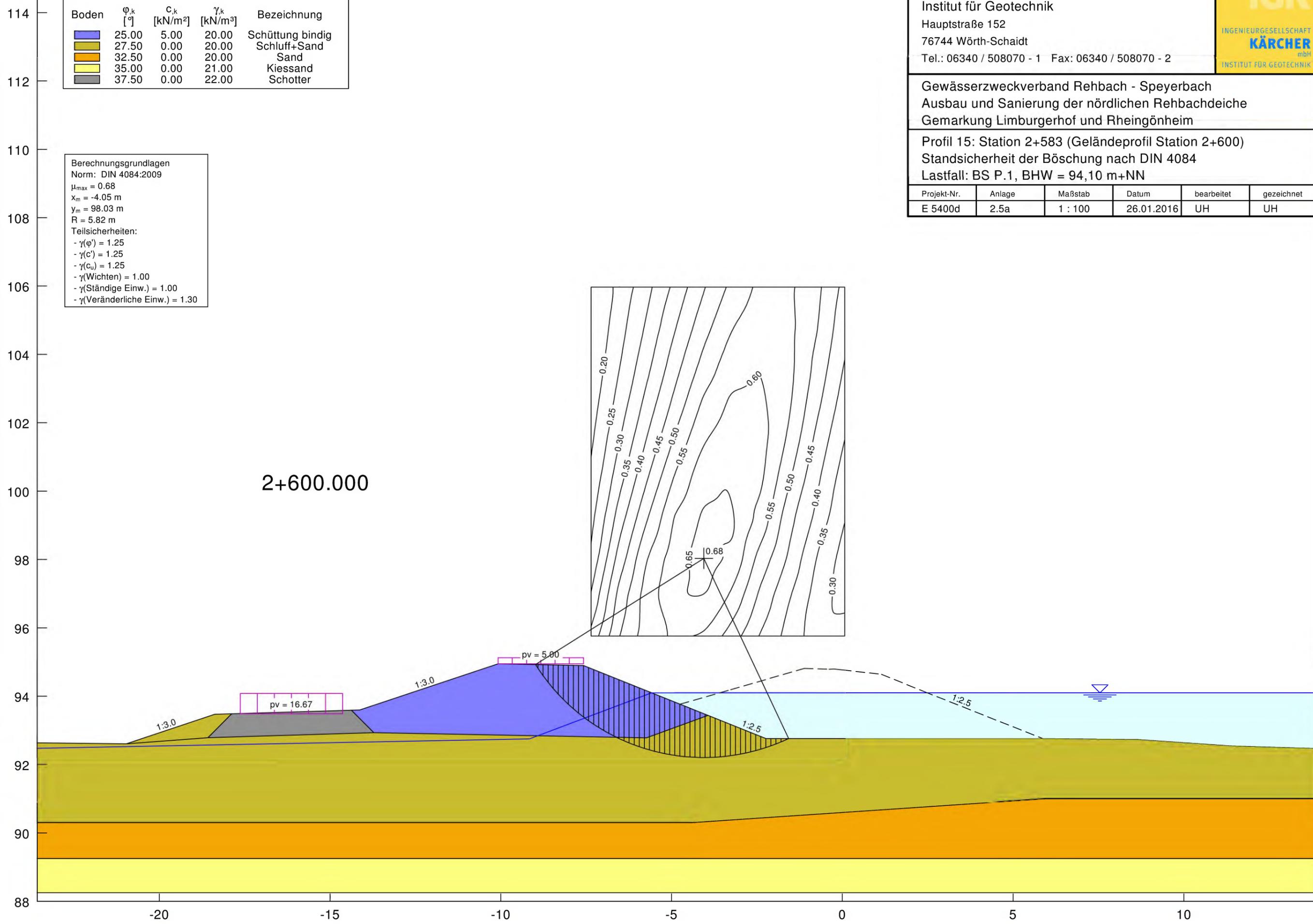
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 15: Station 2+583 (Geländeprofil Station 2+600)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.5a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	0.00	20.00	Schluff+Sand
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	21.00	Kiessand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.68$
 $x_m = -4.05$ m
 $y_m = 98.03$ m
 $R = 5.82$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 15: Station 2+583 (Geländeprofil Station 2+600)
Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegelsenkung

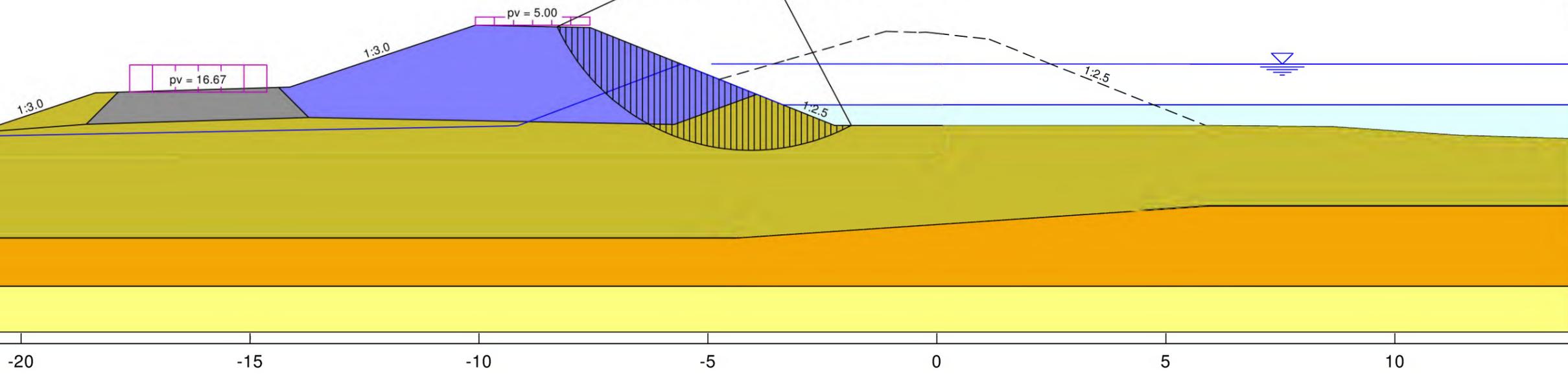
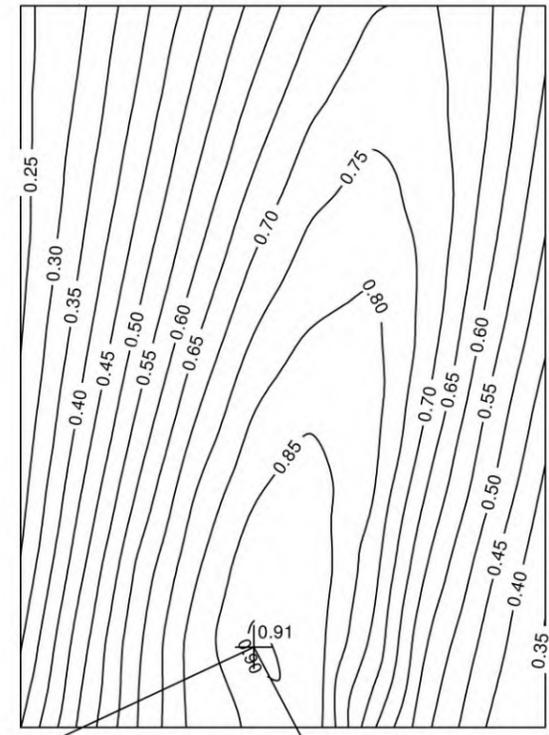
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.5b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	0.00	20.00	Schluff+Sand
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	21.00	Kiessand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.91$
 $x_m = -4.05$ m
 $y_m = 96.90$ m
 $R = 4.68$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

2+600.000



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 15: Station 2+583 (Geländeprofil Station 2+600)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS A.1, Wsp = 94,90 m+NN, bordvoll

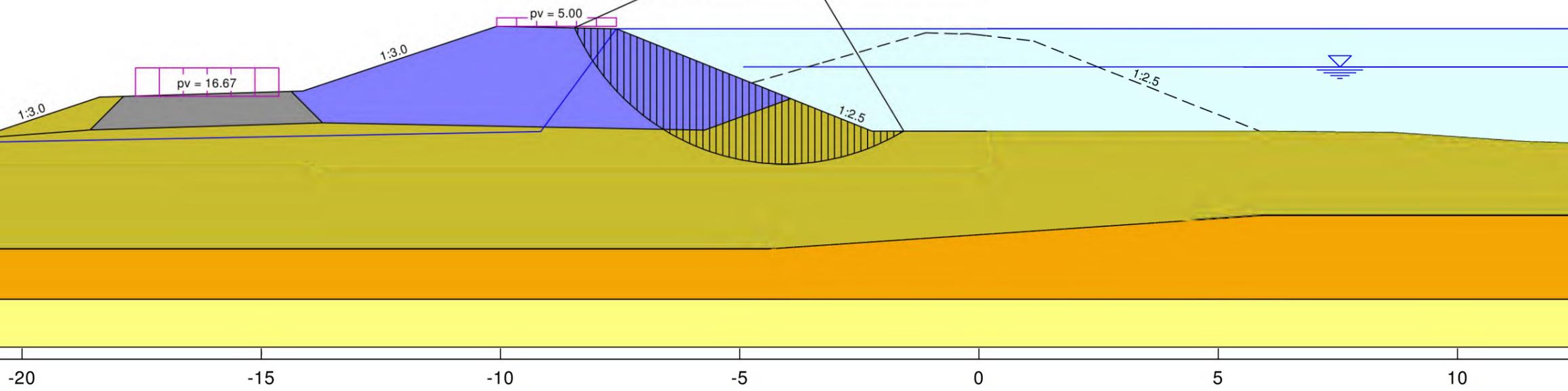
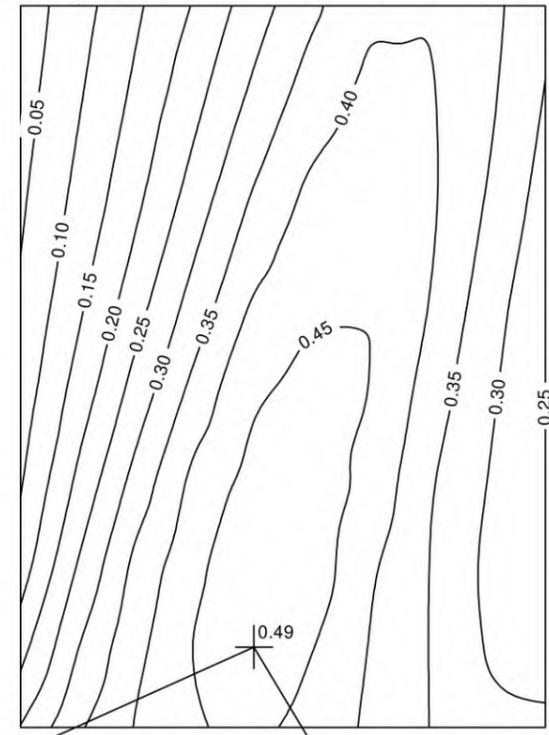
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.5c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	27.50	0.00	20.00	Schluff+Sand
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	21.00	Kiessand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.49$
 $x_m = -4.05$ m
 $y_m = 96.90$ m
 $R = 4.82$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

2+600.000



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 17: Station 3+012 (Geländeprofil Station 3+000)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

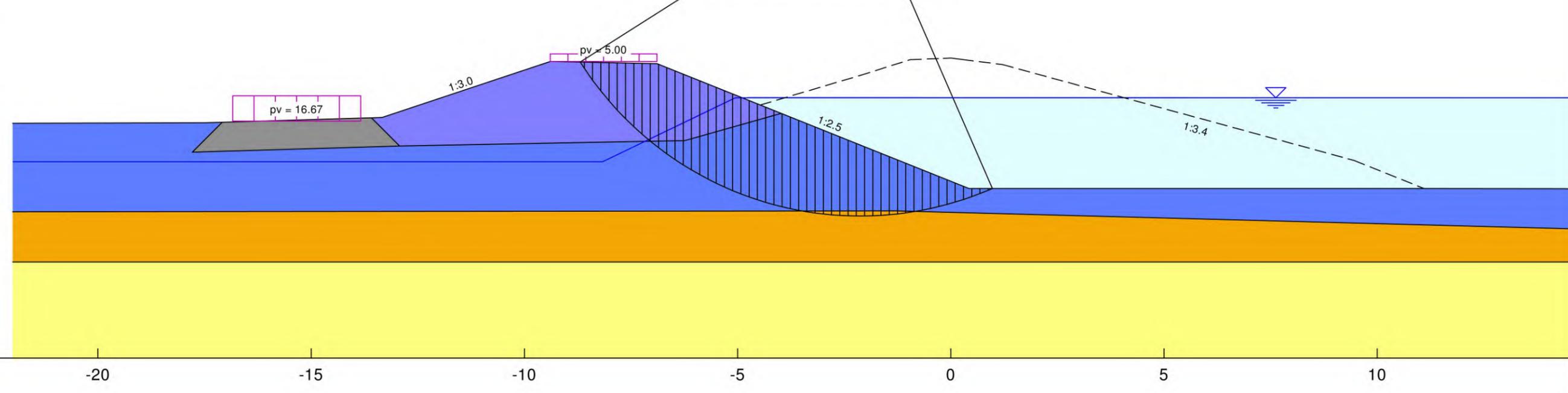
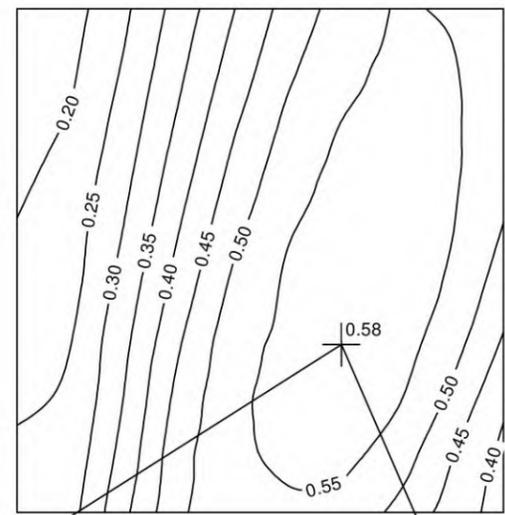
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.6a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	21.00	Kiessand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.58$
 $x_m = -2.13$ m
 $y_m = 99.10$ m
 $R = 7.77$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

3+000.000



-20 -15 -10 -5 0 5 10

Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 17: Station 3+012 (Geländeprofil Station 3+000)

Standardsicherheit der Böschung nach DIN 4084

Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegelsenkung

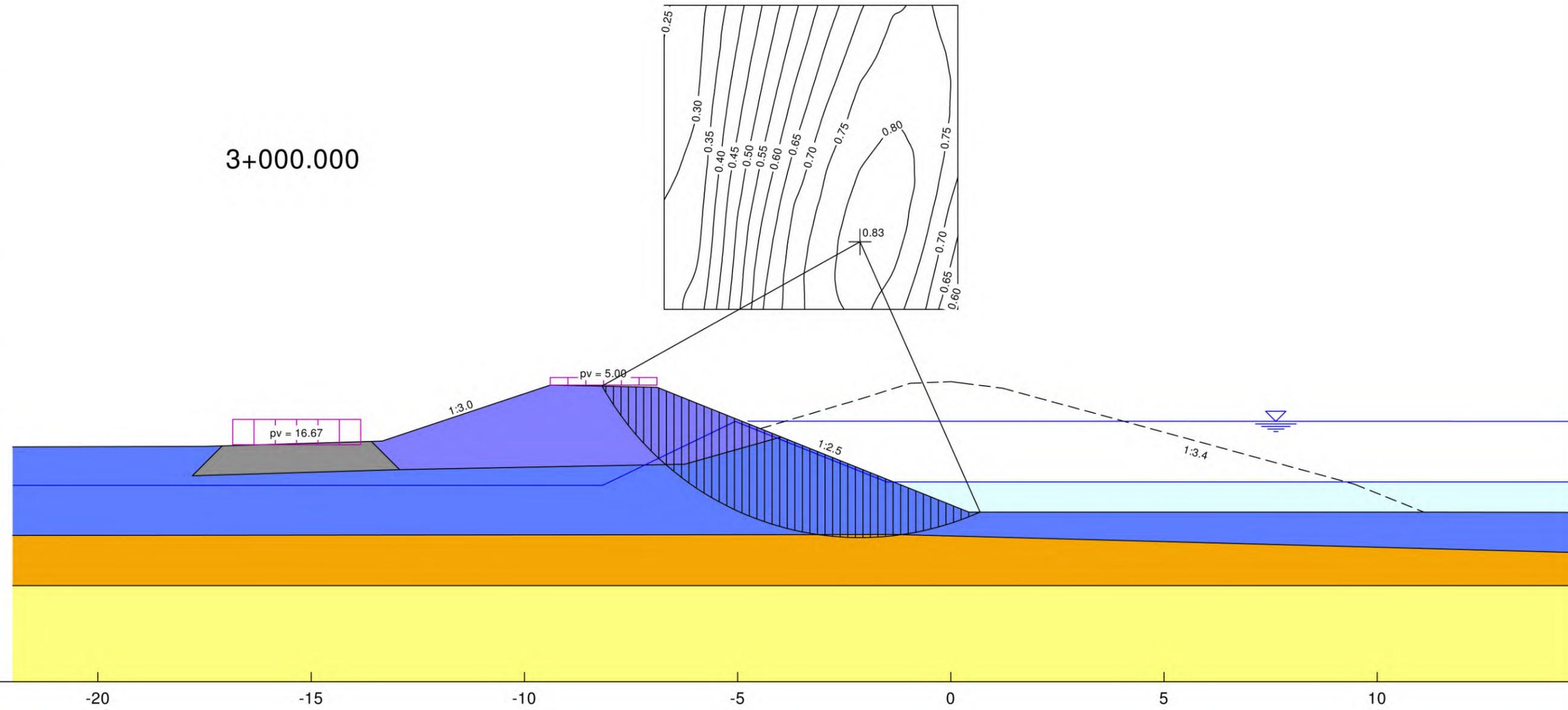
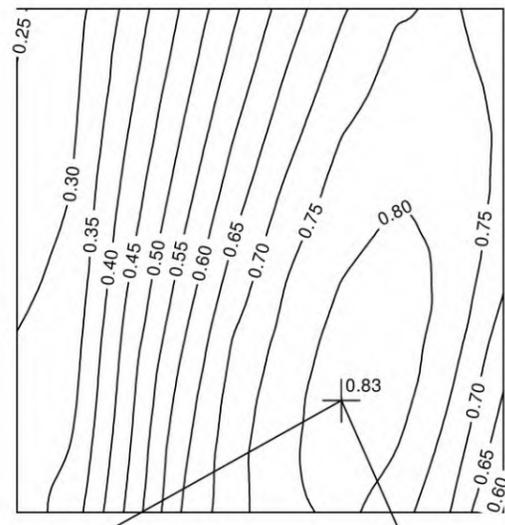
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.6b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	21.00	Kiessand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.83$
 $x_m = -2.13$ m
 $y_m = 98.31$ m
 $R = 6.93$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

3+000.000



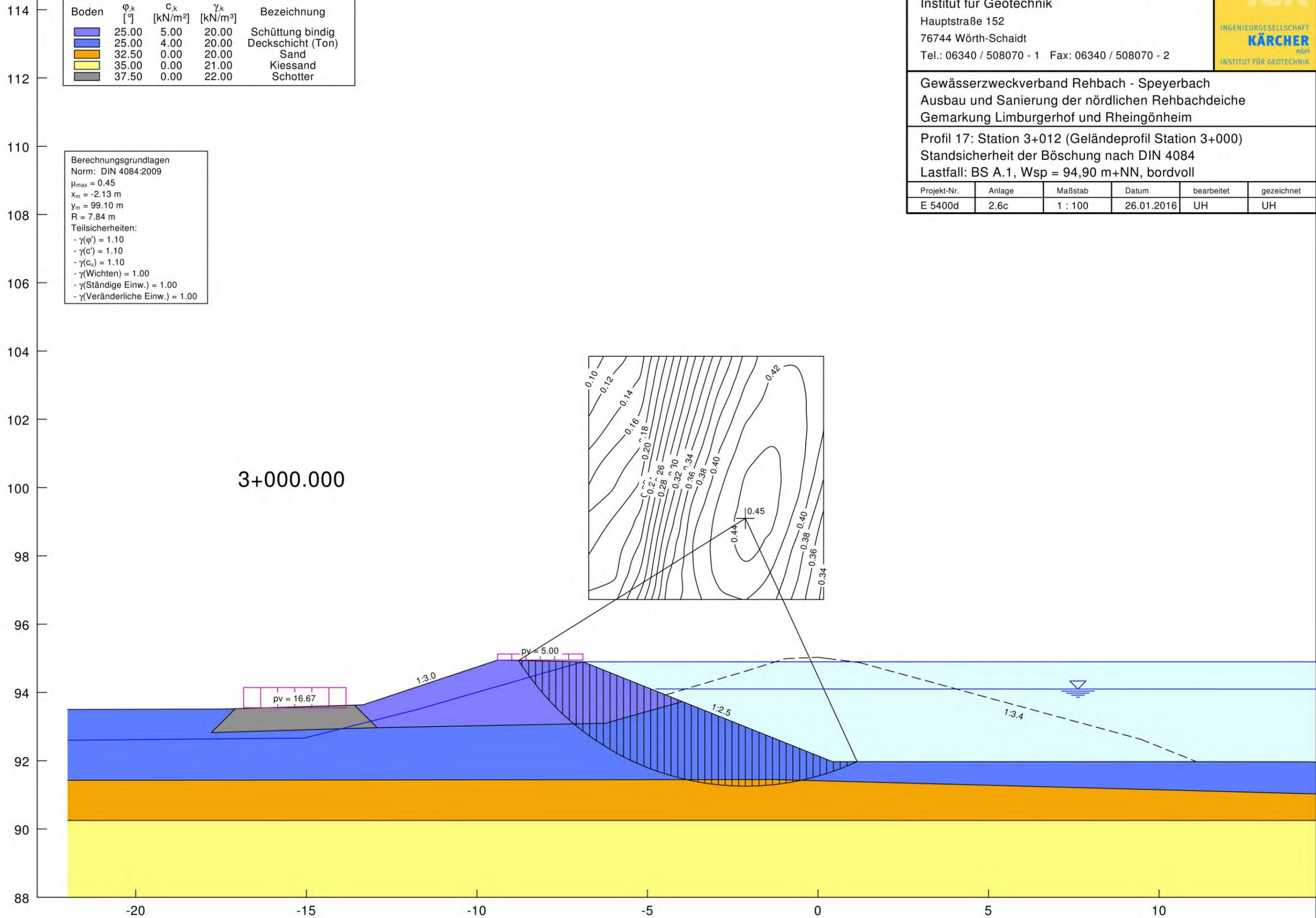
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 17: Station 3+012 (Geländeprofil Station 3+000)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS A.1, Wsp = 94,90 m+NN, bordvoll

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.6c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	32.50	0.00	20.00	Sand
	35.00	0.00	21.00	Kiessand
	37.50	0.00	22.00	Schotter

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.45$
 $x_m = -2.13$ m
 $y_m = 99.10$ m
 $R = 7.84$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 20: Station 3+695 (Geländeprofil Station 3+700)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

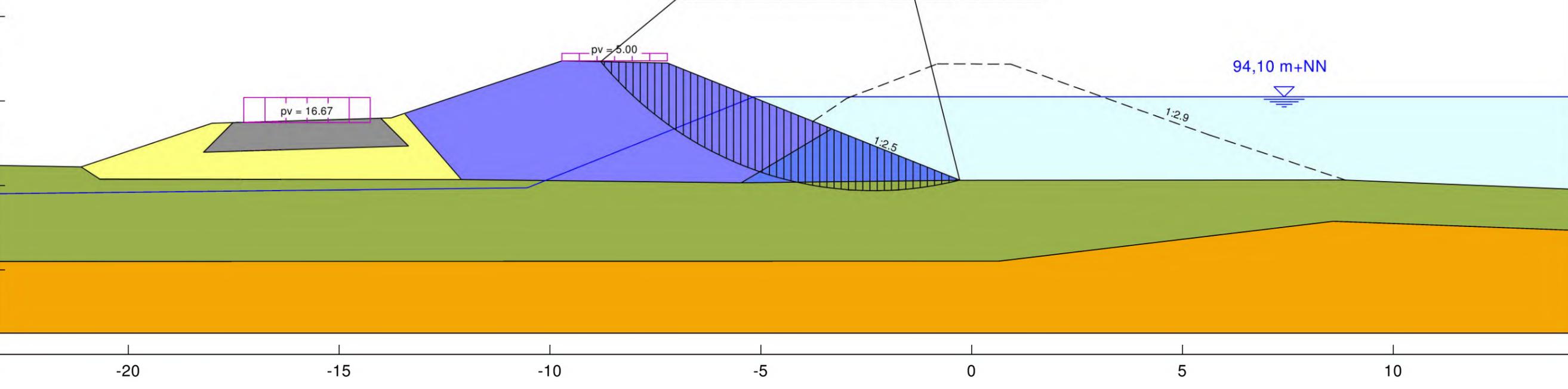
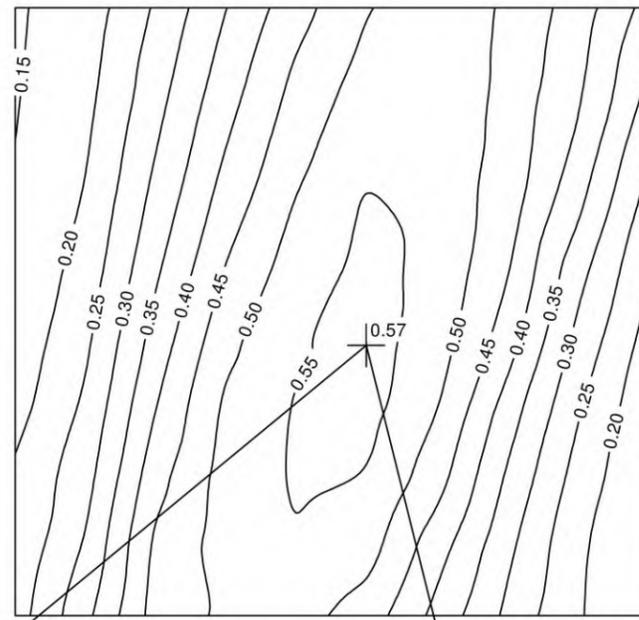
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.7a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	32.50	0.00	20.00	Sand
	37.50	0.00	22.00	Schotter
	32.50	0.00	20.00	Schüttung Kies

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.57$
 $x_m = -2.31$ m
 $y_m = 100.27$ m
 $R = 8.40$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

114
112
110
108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88

3+700.000



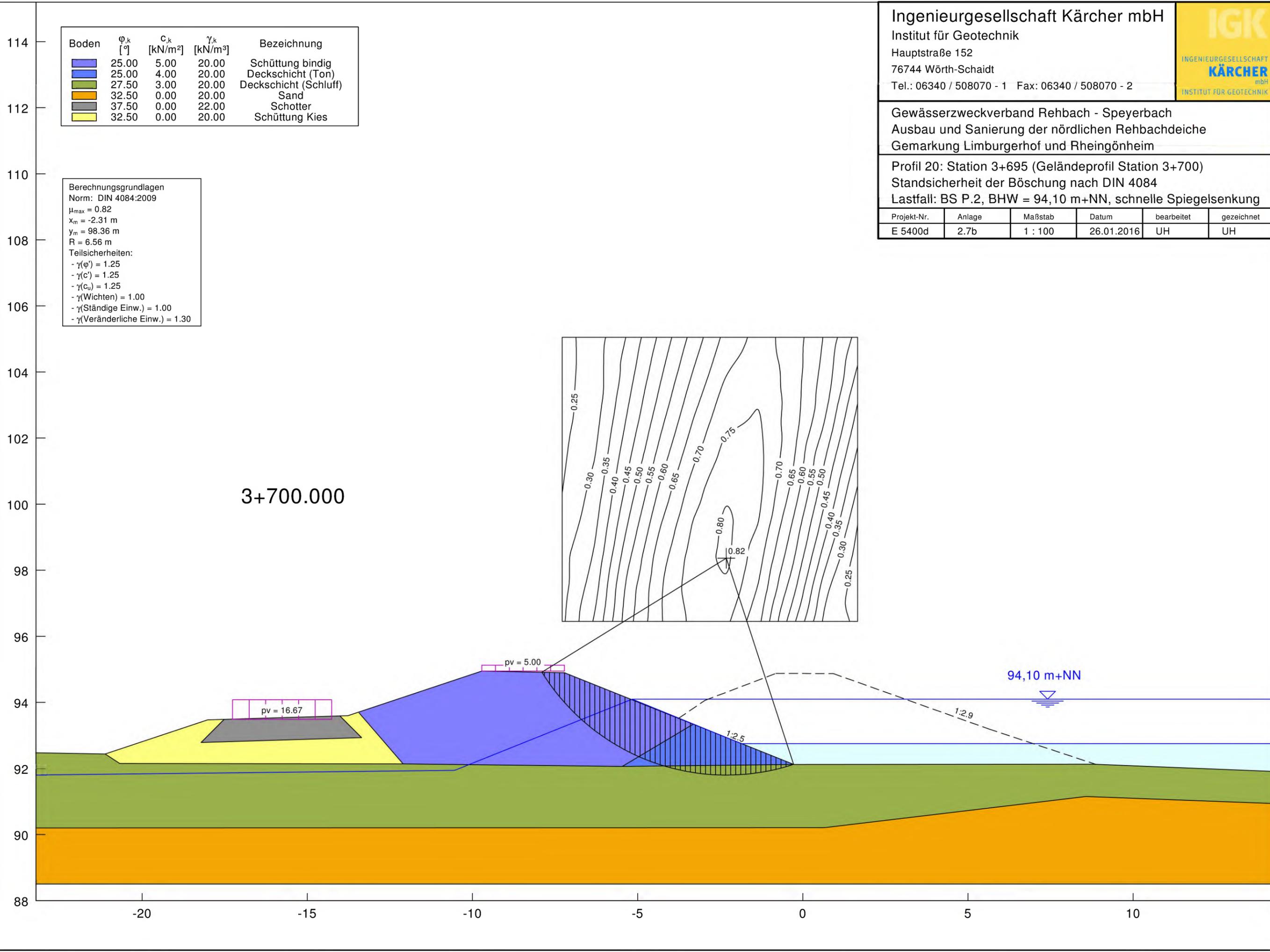
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 20: Station 3+695 (Geländeprofil Station 3+700)
Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegelsenkung

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.7b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Blue]	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
[Dark Blue]	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
[Green]	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
[Orange]	32.50	0.00	20.00	Sand
[Grey]	37.50	0.00	22.00	Schotter
[Yellow]	32.50	0.00	20.00	Schüttung Kies

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.82$
 $x_m = -2.31$ m
 $y_m = 98.36$ m
 $R = 6.56$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



3+700.000

pv = 5.00

pv = 16.67

94,10 m+NN

1:2.5

1:2.9

0

5

10

88

-20

-15

-10

-5

110

108

106

104

102

100

98

96

94

92

90

88

114

112

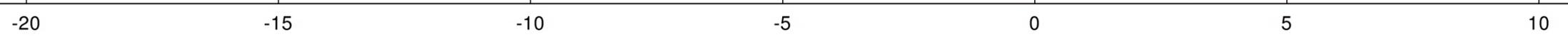
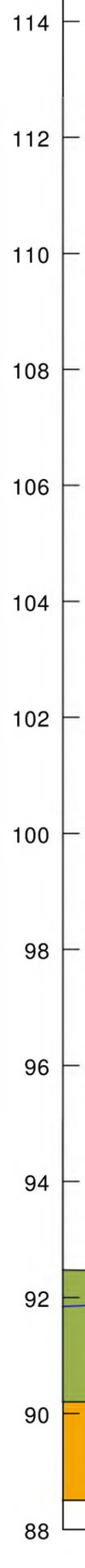
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
 Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
 Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Profil 20: Station 3+695 (Geländeprofil Station 3+700)
 Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
 Lastfall: BS A.1, Wsp. = 94,9 m+NN, bordvoll

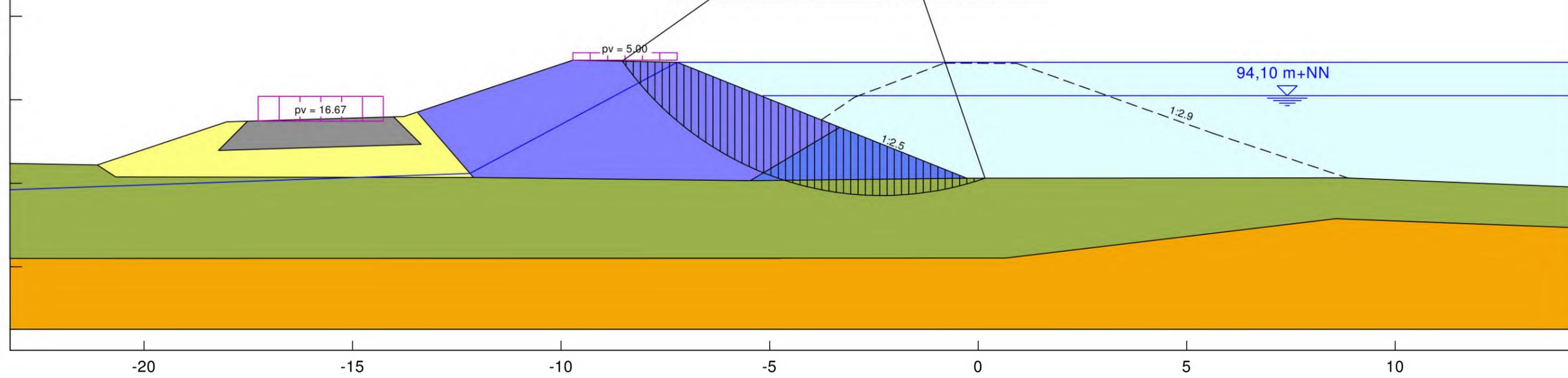
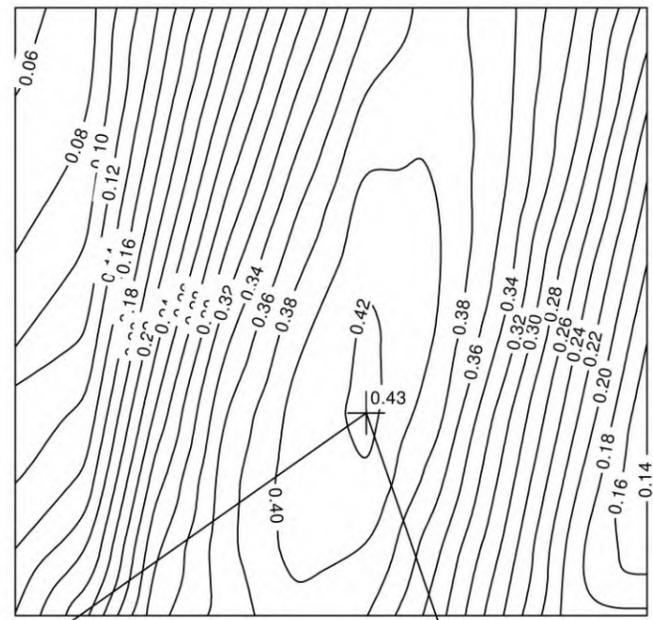
Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	2.7c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig
	25.00	4.00	20.00	Deckschicht (Ton)
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht (Schluff)
	32.50	0.00	20.00	Sand
	37.50	0.00	22.00	Schotter
	32.50	0.00	20.00	Schüttung Kies

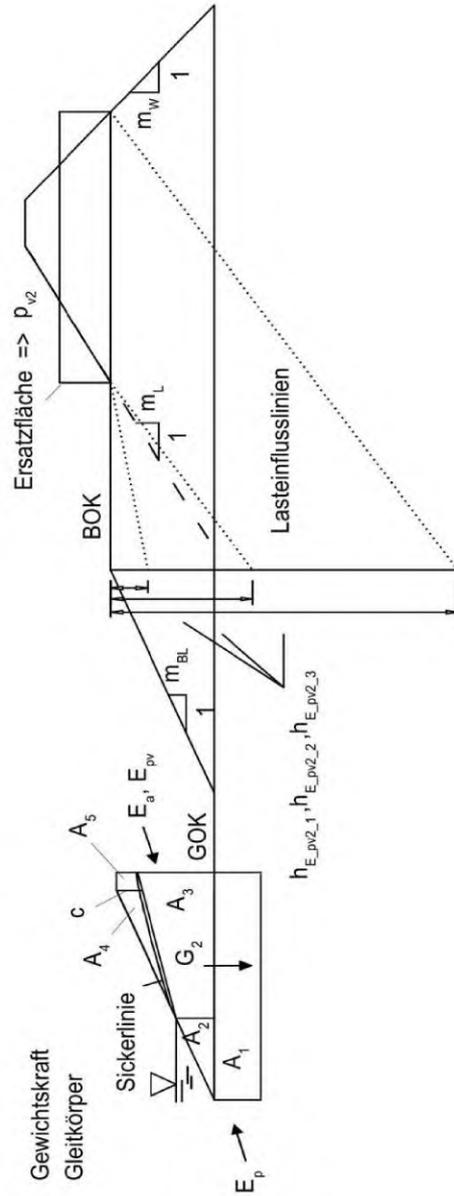
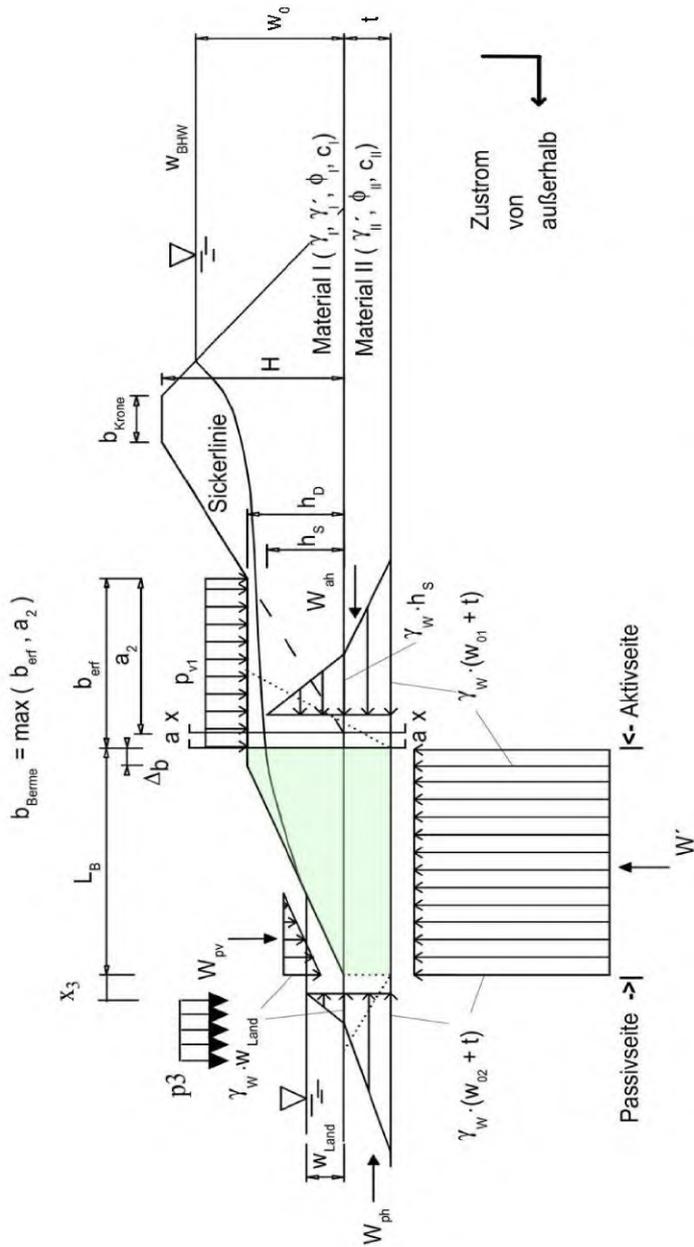
Berechnungsgrundlagen
 Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.43$
 $x_m = -2.31$ m
 $y_m = 99.32$ m
 $R = 7.61$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi) = 1.10$
 - $\gamma(c) = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$



3+700.000



Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
 Schematische Skizze



Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **1+400 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,20 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	1,10 [m]	GOK	93,70 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,80 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	12,80 [m]	$W_{01} + t$	1,50 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	1,50 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
 GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
 (Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,36	0,36	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	7,4	7,4	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	27,8	16,4	1,70	28,6	21,4	1,33
BS-A	29,4	12,5	2,35	30,0	16,0	1,88

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des aktiven Erddrucks auf der Wasserseite nach Coulomb:

(kein Ansatz von Zugspannungen in $E_{ah,d}$, Erddruck teilweise unter Auftrieb, Einfluss der Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme bereits eingerechnet)

Material	Kote ab BOK	$(p_{v1a,d})$		$(p_{v1b,d})$		K_{ah}	K_{av}	θ_a
		e_{ah}	e_{av}	e_{ah}	e_{av}			
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]	[°]
BS-P, I	0,00	7,1	3,3	10,6	4,9	0,325	0,150	51,1
	0,05	7,4	3,4	10,9	5,0			
BS-P, I	0,05	7,4	3,4	10,9	5,0	0,325	0,150	51,1
	0,10	7,6	3,5	11,1	5,1			
BS-P, II	0,10	4,1	1,5	8,4	3,1	0,393	0,147	48,4
	1,20	8,9	3,3	13,1	4,9			
BS-A, I	0,00	4,8	2,5	7,1	3,7	0,285	0,150	52,9
	0,05	5,1	2,7	7,4	3,9			
BS-A, I	0,05	5,1	2,7	7,4	3,9	0,285	0,150	52,9
	0,10	5,2	2,7	7,6	4,0			
BS-A, II	0,10	1,0	0,4	4,0	1,7	0,352	0,149	50,0
	1,20	5,3	2,2	8,2	3,5			

BS-P

BS-A

Resultierende:

	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	
$E_{ah,d}$	7,9	12,9	4,0	7,4	[KN/m]
$E_{av,d}$	3,0	4,9	1,7	3,2	[KN/m]
$E_{apv2,d}$	0,0	0,0	0,0	0,0	[KN/m]
	LF 2		LF 3		

(BOK: Bermenoberkante)

(e: Erddruckkoordinaten)

(K: Erddruckbeiwerte)

(θ : Gleitflächenneigung)

(h/v: horizontal/vertikal)

Ermittlung der Zusatzbelastung $p_{v2,d}$ ($\Rightarrow E_{apv2,d}$) aus dem Gewicht des Deichkörpers oberhalb der Berme und einer evtl. Last auf der Krone selbst, falls die Spannung daraus in Höhe BOK größer ist, als die der angesetzten Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme:

	BS-P	BS-A	
A	6,08	6,08	[m ²]
p_d'	14,22	14,22	[KN/m ²]
$p_{v2a,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
$p_{v2b,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
a_2	0,30	0,30	[m]

	BS-P	BS-A	
$h_{Schnitt}$	1,20	1,20	[m]
$h_{E_pv2_1}$	0,14	0,16	[m]
$h_{E_pv2_2}$	0,34	0,36	[m]
$h_{E_pv2_3}$	3,16	3,34	[m]

EL geneigt unter:

ϕ_i

min θ_a

min θ_a

(A: Ersatzfläche, $p_{v2,d} = p_d' - p_{v1,d} \geq 0$, p_d' aus Ersatzfläche, EL: Einflusslinie)

Resultierende Wasserdruckkräfte auf der Aktiv- und Passivseite, Auftriebskraft an der Berme:

	BS-P	BS-A	
$W_{ah,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (h_s^2 + t \cdot (h_s + w_{01} + t)) =$	8,5	8,5	[KN/m]
$W_{ph,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (w_{Land}^2 + t \cdot (w_{Land} + w_{02} + t)) =$	8,3	8,3	[KN/m]
$W_{pv,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} =$	0,0	0,0	[KN/m]
$W_d' = \gamma_{w,d} \cdot 0,5 \cdot (w_{01} + w_{02} + 2 \cdot t) \cdot L_B =$	7,5	7,5	[KN/m]

($\gamma_{w,d}$: Wasserwichte)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des passiven Erddrucks an der Landseite nach Coulomb:

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-P, II	0,00	11,2	0,0	1,000	0,000
	1,10	19,3	0,0		

BS-P

Resultierende:

$E_{ph,d}$	16,8	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

(GOK: Geländeoberkante)

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-A, II	0,00	12,7	0,0	1,000	0,000
	1,10	20,8	0,0		

BS-A

Resultierende:

$E_{ph,d}$	18,5	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

Ermittlung der Eigengewichtskraft des Gleitkörpers:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= L_B \cdot t = 0,55 \text{ [m}^2\text{]} && (A_i: \text{Teilflächen d. Gleitkörpers, c: geom. Hilfsgröße}) \\
 A_2 &= 0,5 \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]} \\
 A_3 &= 0,5 \cdot (w_{Land} + h_s) \cdot (L_B - w_{Land}) / m_{BL} = 0,01 \text{ [m}^2\text{]} \\
 A_4 &= 0,5 \cdot c \cdot (L_B - w_{Land}) / m_{BL} - \Delta b = 0,01 \text{ [m}^2\text{]} && (c = 0,050 \text{ [m]}) \\
 A_5 &= 0,5 \cdot (h_d - h_s + c) \cdot \Delta b = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

	BS-P	BS-A	
$G_{2,d} = A_1 \cdot (\gamma_{ll,d} + \gamma_{w,d}) + (A_2 + A_3) \cdot (\gamma_{ll,d} + \gamma_{w,d}) + (A_4 + A_5) \cdot \gamma_{ll,d}$	12,1	12,1	[KN/m]
$G_{2,d}' = G_{2,d} - W_d'$	4,6	4,6	[KN/m]

Sicherheit gegen Abschieben:

(G_2 : Gewicht d. Gleitkörpers)

(G_2' : Gewichtskraft unter Auftrieb i. d. Gleitfuge)

$\Sigma R_i / \Sigma E_i > 1$

$$\Sigma R_i / \Sigma E_i = \frac{E_{ph,d} + W_{ph,d} + (W_{pv,d} + G_{2,d}' + E_{av,d} + E_{pv,d}) \cdot \tan \phi_{s,d} + c_{s,d} \cdot L_B}{E_{ah,d} + E_{apv2,d} + W_{ah,d}}$$

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	27,8	16,4	1,70	28,6	21,4	1,33
BS-A	29,4	12,5	2,35	30,0	16,0	1,88

(ΣR_i : Summe der Widerstände in [KN/m])

(ΣE_i : Summe der Einwirkungen in [KN/m])

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **1+500 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,40 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	0,80 [m]	GOK	93,50 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,60 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	13,90 [m]	$W_{01} + t$	1,40 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	1,40 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
 GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
 (Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,75	0,75	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	3,5	3,5	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Material	Aktivseite:					Passivseite:			
	ϕ_d [°]	c_d [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	β [°]	γ_d [KN/m ³]	γ_d' [KN/m ³]	$\phi_d / \phi_{u,d}$ [°]	$c_d / c_{u,d}$ [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0			
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0			
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$ [°]	$c_{s,d}$ [KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	17,2	11,2	1,53	17,7	15,0	1,18
BS-A	18,2	8,4	2,17	18,7	11,0	1,70

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **1+600 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,20 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	3,10 [m]	GOK	93,70 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,80 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	12,80 [m]	$W_{01} + t$	3,50 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	3,50 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,13	0,13	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	9,7	9,7	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,6	3,2	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	25,3	3,6	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	146,7	88,6	1,66	148,6	100,9	1,47
BS-A	151,5	77,6	1,95	153,2	85,9	1,78

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **1+700 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,50 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,70 [m]	GOK	93,40 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,50 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	14,45 [m]	$w_{01} + t$	3,40 [m]		
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	3,40 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,26	0,26	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	8,4	8,4	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Material	Aktivseite:						Passivseite:			
	ϕ_d [°]	c_d [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	β [°]	γ_d [KN/m ³]	γ_d' [KN/m ³]	$\phi_d / \phi_{u,d}$ [°]	$c_d / c_{u,d}$ [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$ [°]	$c_{s,d}$ [KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	115,1	74,2	1,55	116,7	86,0	1,36
BS-A	119,1	64,6	1,84	120,6	72,8	1,66

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **1+800 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,40 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,40 [m]	GOK	93,50 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,60 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	13,90 [m]	$w_{01} + t$	3,00 [m]		
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	3,00 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,25	0,25	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	8,5	8,5	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,6	4,0	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	25,3	4,5	1,00			11,0	0,0	7,3	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	98,4	57,2	1,72	99,9	66,8	1,50
BS-A	102,4	48,8	2,10	103,7	55,3	1,87

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **1+900 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,20 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,80 [m]	GOK	93,70 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,80 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	12,80 [m]	$w_{01} + t$	3,20 [m]		
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	3,20 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,14	0,14	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	9,6	9,6	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,8	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	5,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	122,6	71,9	1,70	124,3	84,2	1,48
BS-A	126,7	61,1	2,07	128,2	69,5	1,85

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des aktiven Erddrucks auf der Wasserseite nach Coulomb:

(kein Ansatz von Zugspannungen in $E_{ah,d}$, Erddruck teilweise unter Auftrieb, Einfluss der Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme bereits eingerechnet)

Material	Kote ab BOK	$(p_{v1a,d})$		$(p_{v1b,d})$		K_{ah}	K_{av}	θ_a
		e_{ah}	e_{av}	e_{ah}	e_{av}			
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]	[°]
BS-P, I	0,00	7,1	3,3	10,6	4,9	0,325	0,150	51,1
	0,05	7,4	3,4	10,9	5,0			
BS-P, I	0,05	7,4	3,4	10,9	5,0	0,325	0,150	51,1
	0,10	7,6	3,5	11,1	5,1			
BS-P, II	0,10	3,1	1,2	7,4	2,7	0,393	0,147	48,4
	2,90	15,2	5,7	19,5	7,3			
BS-A, I	0,00	4,8	2,5	7,1	3,7	0,285	0,150	52,9
	0,05	5,1	2,7	7,4	3,9			
BS-A, I	0,05	5,1	2,7	7,4	3,9	0,285	0,150	52,9
	0,10	5,2	2,7	7,6	4,0			
BS-A, II	0,10	0,0	0,0	2,9	1,2	0,352	0,149	50,0
	2,90	10,8	4,6	13,7	5,8			

BS-P

BS-A

Resultierende:

	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	
$E_{ah,d}$	26,4	38,7	15,5	24,0	[KN/m]
$E_{av,d}$	9,9	14,5	6,6	10,2	[KN/m]
$E_{apv2,d}$	0,0	0,0	0,0	0,0	[KN/m]
	LF 2		LF 3		

(BOK: Bermenoberkante)

(e: Erddruckkoordinaten)

(K: Erddruckbeiwerte)

(θ : Gleitflächenneigung)

(h/v: horizontal/vertikal)

Ermittlung der Zusatzbelastung $p_{v2,d}$ ($\Rightarrow E_{apv2,d}$) aus dem Gewicht des Deichkörpers oberhalb der Berme und einer evtl. Last auf der Krone selbst, falls die Spannung daraus in Höhe BOK größer ist, als die der angesetzten Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme:

	BS-P	BS-A	
A	6,08	6,08	[m ²]
p_d'	14,22	14,22	[KN/m ²]
$p_{v2a,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
$p_{v2b,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
a_2	0,30	0,30	[m]

	BS-P	BS-A	
$h_{Schnitt}$	2,90	2,90	[m]
$h_{E_pv2_1}$	0,14	0,16	[m]
$h_{E_pv2_2}$	0,34	0,36	[m]
$h_{E_pv2_3}$	3,16	3,34	[m]

EL geneigt unter:

ϕ_i

min θ_a

min θ_a

(A: Ersatzfläche, $p_{v2,d} = p_d' - p_{v1,d} \geq 0$, p_d' aus Ersatzfläche, EL: Einflusslinie)

Resultierende Wasserdruckkräfte auf der Aktiv- und Passivseite, Auftriebskraft an der Berme:

	BS-P	BS-A	
$W_{ah,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (h_s^2 + t \cdot (h_s + w_{01} + t)) =$	45,5	45,5	[KN/m]
$W_{ph,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (w_{Land}^2 + t \cdot (w_{Land} + w_{02} + t)) =$	44,8	44,8	[KN/m]
$W_{pv,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} =$	0,0	0,0	[KN/m]
$W_d' = \gamma_{w,d} \cdot 0,5 \cdot (w_{01} + w_{02} + 2 \cdot t) \cdot L_B =$	16,0	16,0	[KN/m]

($\gamma_{w,d}$: Wasserwichte)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des passiven Erddrucks an der Landseite nach Coulomb:

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-P, II	0,00	11,2	0,0	1,000	0,000
	2,80	38,0	0,0		

BS-P

Resultierende:

$E_{ph,d}$	68,9	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

(GOK: Geländeoberkante)

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-A, II	0,00	12,7	0,0	1,000	0,000
	2,80	39,5	0,0		

BS-A

Resultierende:

$E_{ph,d}$	73,2	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

Ermittlung der Eigengewichtskraft des Gleitkörpers:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= L_B \cdot t = 1,40 \quad [m^2] && (A_i: \text{Teilflächen d. Gleitkörpers, c: geom. Hilfsgröße}) \\
 A_2 &= 0,5 \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} = 0,00 \quad [m^2] \\
 A_3 &= 0,5 \cdot (w_{Land} + h_s) \cdot (L_B - w_{Land} / m_{BL}) = 0,01 \quad [m^2] \\
 A_4 &= 0,5 \cdot c \cdot (L_B - w_{Land} / m_{BL} - \Delta b) = 0,01 \quad [m^2] && (c = 0,050 \quad [m]) \\
 A_5 &= 0,5 \cdot (h_d - h_s + c) \cdot \Delta b = 0,00 \quad [m^2]
 \end{aligned}$$

	BS-P	BS-A	
$G_{2,d} = A_1 \cdot (\gamma_{II,d} + \gamma_{w,d}) + (A_2 + A_3) \cdot (\gamma_{I,d} + \gamma_{w,d}) + (A_4 + A_5) \cdot \gamma_{I,d}$	29,9	29,9	[KN/m]
$G_{2,d}' = G_{2,d} - W_d'$	13,9	13,9	[KN/m]

Sicherheit gegen Abschieben:

(G_2 : Gewicht d. Gleitkörpers)

(G_2' : Gewichtskraft unter Auftrieb i. d. Gleitfuge)

$\Sigma R_i / \Sigma E_i > 1$

$$\Sigma R_i / \Sigma E_i = \frac{E_{ph,d} + W_{ph,d} + (W_{pv,d} + G_{2,d}' + E_{av,d} + E_{pv,d}) \cdot \tan \phi_{s,d} + c_{s,d} \cdot L_B}{E_{ah,d} + E_{apv,d} + W_{ah,d}}$$

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	122,6	71,9	1,70	124,3	84,2	1,48
BS-A	126,7	61,1	2,07	128,2	69,5	1,85

(ΣR_i : Summe der Widerstände in [KN/m])

(ΣE_i : Summe der Einwirkungen in [KN/m])

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **2+000 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,00 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	5,00 [m]	GOK	93,90 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	94,00 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	11,70 [m]	$w_{01} + t$	5,20 [m]		
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	5,20 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,04	0,04	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	10,6	10,6	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d [°]	c_d [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	β [°]	γ_d [KN/m ³]	γ_d' [KN/m ³]	$\phi_d / \phi_{u,d}$ [°]	$c_d / c_{u,d}$ [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	5,6	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	6,4	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$ [°]	$c_{s,d}$ [KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	337,7	196,7	1,72	340,7	218,2	1,56
BS-A	345,4	174,7	1,98	348,1	189,4	1,84

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **2+400 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,00 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	5,00 [m]	GOK	93,90 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	94,00 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	11,70 [m]	$w_{01} + t$	5,20 [m]		
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	5,20 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,04	0,04	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	10,6	10,6	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,8	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	5,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	338,4	201,7	1,68	341,4	223,2	1,53
BS-A	346,4	179,9	1,93	349,0	194,8	1,79

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **2+500 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,90 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	2,20 [m]
h_S	0,30 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,00 [m]	GOK	92,70 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,60 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	4,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	4,00 [m]
L_{Deich}	20,40 [m]	$W_{01} + t$	3,40 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	3,40 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H:
Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,70	0,70	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	4,0	4,0	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	98,6	74,0	1,33	100,3	85,6	1,17
BS-A	105,1	63,4	1,66	106,6	71,4	1,49

b_{Berme} 4,00 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,90 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

**Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik**

Hauptstraße 152, 76744 Wörth / Scheidt
Tel.: 06340 / 508070 - 1 Fax: 06340 / 508070 - 2

Proj.: Rehbach Nord

Be.: JS

E 5400d

Anl.: 3.10a

Datum: 27.01.2016

**Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12**

Nachweis: **2+600 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,90 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	2,30 [m]
h_S	0,30 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	1,90 [m]	GOK	92,60 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,50 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	4,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	4,00 [m]
L_{Deich}	20,95 [m]	$w_{01} + t$	3,40 [m]		
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	3,40 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,20	1,00	1,15	1,15	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,79	0,79	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	3,1	3,1	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d [°]	c_d [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	β [°]	γ_d [KN/m ³]	γ_d' [KN/m ³]	$\phi_d / \phi_{u,d}$ [°]	$c_d / c_{u,d}$ [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	
BS-P I	26,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,1	3,5	1,00			11,0	0,0	4,3	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	3,6	1,00			11,0	0,0	4,5	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$ [°]	$c_{s,d}$ [KN/m ²]
BS-P	22,1	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	20,0	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	30,0	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	87,4	67,2	1,30	89,1	76,8	1,16
BS-A	89,0	62,4	1,43	90,4	70,1	1,29

b_{Berme} 4,00 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,90 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des aktiven Erddrucks auf der Wasserseite nach Coulomb:

(kein Ansatz von Zugspannungen in $E_{ah,d}$, Erddruck teilweise unter Auftrieb, Einfluss der Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme bereits eingerechnet)

Material	Kote ab BOK	$(p_{v1a,d})$		$(p_{v1b,d})$		K_{ah}	K_{av}	θ_a
		e_{ah}	e_{av}	e_{ah}	e_{av}			
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]	[°]
BS-P, I	0,00	6,0	3,0	9,0	4,5	0,299	0,150	52,3
	0,60	9,6	4,8	12,6	6,3			
BS-P, I	0,60	9,6	4,8	12,6	6,3	0,299	0,150	52,3
	0,90	10,6	5,3	13,5	6,8			
BS-P, II	0,90	8,7	3,5	12,4	5,0	0,366	0,148	49,4
	2,80	16,4	6,6	20,0	8,1			
BS-A, I	0,00	4,8	2,5	7,1	3,7	0,285	0,150	52,9
	0,60	8,2	4,3	10,6	5,5			
BS-A, I	0,60	8,2	4,3	10,6	5,5	0,285	0,150	52,9
	0,90	9,1	4,8	11,5	6,0			
BS-A, II	0,90	6,9	2,9	9,9	4,2	0,352	0,149	50,0
	2,80	14,3	6,1	17,2	7,3			

BS-P

BS-A

Resultierende:

	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	
$E_{ah,d}$	31,6	41,2	26,7	34,4	[KN/m]
$E_{av,d}$	13,5	17,7	12,0	15,4	[KN/m]
$E_{apv2,d}$	0,0	0,0	0,1	0,1	[KN/m]
	LF 2		LF 3		

(BOK: Bermenoberkante)

(e: Erddruckkoordinaten)

(K: Erddruckbeiwerte)

(θ : Gleitflächenneigung)

(h/v: horizontal/vertikal)

Ermittlung der Zusatzbelastung $p_{v2,d}$ ($\Rightarrow E_{apv2,d}$) aus dem Gewicht des Deichkörpers oberhalb der Berme und einer evtl. Last auf der Krone selbst, falls die Spannung daraus in Höhe BOK größer ist, als die der angesetzten Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme:

	BS-P	BS-A	
A	8,89	8,89	[m ²]
p_d'	17,43	17,43	[KN/m ²]
$p_{v2a,d}$	0,00	0,73	[KN/m ²]
$p_{v2b,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
a_2	2,70	2,70	[m]

	BS-P	BS-A	
h_{Schnitt}	2,80	2,80	[m]
$h_{E_pv2_1}$	1,36	1,42	[m]
$h_{E_pv2_2}$	3,15	3,22	[m]
$h_{E_pv2_3}$	6,08	6,20	[m]

EL geneigt unter:

ϕ_1

min θ_a

min θ_a

(A: Ersatzfläche, $p_{v2,d} = p_d' - p_{v1,d} \geq 0$, p_d' aus Ersatzfläche, EL: Einflusslinie)

Resultierende Wasserdruckkräfte auf der Aktiv- und Passivseite, Auftriebskraft an der Berme:

	BS-P	BS-A	
$W_{ah,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (h_s^2 + t \cdot (h_s + w_{01} + t)) =$	35,6	35,6	[KN/m]
$W_{ph,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (w_{Land}^2 + t \cdot (w_{Land} + w_{02} + t)) =$	32,3	32,3	[KN/m]
$W_{pv,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} =$	0,0	0,0	[KN/m]
$W_d' = \gamma_{w,d} \cdot 0,5 \cdot (w_{01} + w_{02} + 2 \cdot t) \cdot L_B =$	153,0	153,0	[KN/m]

($\gamma_{w,d}$: Wasserwichte)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des passiven Erddrucks an der Landseite nach Coulomb:

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-P, II	0,00	8,7	0,0	1,000	0,000
	1,90	14,6	0,0		

BS-P

Resultierende:

$E_{ph,d}$	22,1	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

(GOK: Geländeoberkante)

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-A, II	0,00	9,1	0,0	1,000	0,000
	1,90	15,0	0,0		

BS-A

Resultierende:

$E_{ph,d}$	22,9	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

Ermittlung der Eigengewichtskraft des Gleitkörpers:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= L_B \cdot t = 8,55 \quad [m^2] && (A_i: \text{Teilflächen d. Gleitkörpers, c: geom. Hilfsgröße}) \\
 A_2 &= 0,5 \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} = 0,00 \quad [m^2] \\
 A_3 &= 0,5 \cdot (w_{Land} + h_s) \cdot (L_B - w_{Land}) / m_{BL} = 0,68 \quad [m^2] \\
 A_4 &= 0,5 \cdot c \cdot (L_B - w_{Land}) / m_{BL} - \Delta b = 1,35 \quad [m^2] && (c \quad 0,600 \quad [m]) \\
 A_5 &= 0,5 \cdot (h_d - h_s + c) \cdot \Delta b = 0,00 \quad [m^2]
 \end{aligned}$$

	BS-P	BS-A	
$G_{2,d} = A_1 \cdot (\gamma_{II,d} + \gamma_{w,d}) + (A_2 + A_3) \cdot (\gamma_{I,d} + \gamma_{w,d}) + (A_4 + A_5) \cdot \gamma_{I,d}$	220,7	220,7	[KN/m]
$G_{2,d}' = G_{2,d} - W_d'$	67,7	67,7	[KN/m]

Sicherheit gegen Abschieben:

(G_2 : Gewicht d. Gleitkörpers)

(G_2' : Gewichtskraft unter Auftrieb i. d. Gleitfuge)

$\Sigma R_i / \Sigma E_i > 1$

$$\Sigma R_i / \Sigma E_i = \frac{E_{ph,d} + W_{ph,d} + (W_{pv,d} + G_{2,d}' + E_{av,d} + E_{pv,d}) \cdot \tan \phi_{s,d} + c_{s,d} \cdot L_B}{E_{ah,d} + E_{apv2,d} + W_{ah,d}}$$

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	87,4	67,2	1,30	89,1	76,8	1,16
BS-A	89,0	62,4	1,43	90,4	70,1	1,29

(ΣR_i : Summe der Widerstände in [KN/m])

(ΣE_i : Summe der Einwirkungen in [KN/m])

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **2+700 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,40 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,75 [m]
h_S	0,20 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	1,40 [m]	GOK	93,15 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,55 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	2,00 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	4,00 [m]
L_{Deich}	16,93 [m]	$W_{01} + t$	2,35 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	2,35 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,68	0,68	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	4,2	4,2	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d [°]	c_d [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	β [°]	γ_d [KN/m ³]	γ_d' [KN/m ³]	$\phi_d / \phi_{u,d}$ [°]	$c_d / c_{u,d}$ [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$ [°]	$c_{s,d}$ [KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	46,0	33,9	1,36	47,1	41,2	1,14
BS-A	48,7	27,9	1,74	49,7	33,0	1,51

b_{Berme} 4,00 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,40 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **2+800 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,45 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	1,00 [m]	GOK	93,45 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,55 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	14,18 [m]	$W_{01} + t$	1,65 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	1,65 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,65	0,65	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	4,5	4,5	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,6	4,8	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	25,3	5,5	1,00			11,0	0,0	7,3	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	25,2	13,8	1,82	25,8	18,0	1,43
BS-A	26,6	10,5	2,54	27,2	13,3	2,04

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **2+900 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,40 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	1,00 [m]	GOK	93,50 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,60 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	13,90 [m]	$W_{01} + t$	1,60 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	1,60 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,60	0,60	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	5,0	5,0	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	23,8	15,3	1,56	24,5	19,9	1,23
BS-A	25,1	11,7	2,14	25,7	14,9	1,73

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+000 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,40 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	1,00 [m]	GOK	93,50 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,60 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	13,90 [m]	$W_{01} + t$	1,60 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	1,60 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,60	0,60	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	5,0	5,0	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	23,8	15,3	1,56	24,5	19,9	1,23
BS-A	25,1	11,7	2,14	25,7	14,9	1,73

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des aktiven Erddrucks auf der Wasserseite nach Coulomb:

(kein Ansatz von Zugspannungen in $E_{ah,d}$, Erddruck teilweise unter Auftrieb, Einfluss der Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme bereits eingerechnet)

Material	Kote ab BOK	$(p_{v1a,d})$		$(p_{v1b,d})$		K_{ah}	K_{av}	θ_a
		e_{ah}	e_{av}	e_{ah}	e_{av}			
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]	[°]
BS-P, I	0,00	7,1	3,3	10,6	4,9	0,325	0,150	51,1
	0,05	7,4	3,4	10,9	5,0			
BS-P, I	0,05	7,4	3,4	10,9	5,0	0,325	0,150	51,1
	0,10	7,6	3,5	11,1	5,1			
BS-P, II	0,10	4,1	1,5	8,4	3,1	0,393	0,147	48,4
	1,10	8,5	3,2	12,7	4,7			
BS-A, I	0,00	4,8	2,5	7,1	3,7	0,285	0,150	52,9
	0,05	5,1	2,7	7,4	3,9			
BS-A, I	0,05	5,1	2,7	7,4	3,9	0,285	0,150	52,9
	0,10	5,2	2,7	7,6	4,0			
BS-A, II	0,10	1,0	0,4	4,0	1,7	0,352	0,149	50,0
	1,10	4,9	2,1	7,8	3,3			

BS-P

BS-A

Resultierende:

	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	
$E_{ah,d}$	7,0	11,6	3,5	6,6	[KN/m]
$E_{av,d}$	2,7	4,4	1,5	2,9	[KN/m]
$E_{apv2,d}$	0,0	0,0	0,0	0,0	[KN/m]
	LF 2		LF 3		

(BOK: Bermenoberkante)

(e: Erddruckkoordinaten)

(K: Erddruckbeiwerte)

(θ : Gleitflächenneigung)

(h/v: horizontal/vertikal)

Ermittlung der Zusatzbelastung $p_{v2,d}$ ($\Rightarrow E_{apv2,d}$) aus dem Gewicht des Deichkörpers oberhalb der Berme und einer evtl. Last auf der Krone selbst, falls die Spannung daraus in Höhe BOK größer ist, als die der angesetzten Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme:

	BS-P	BS-A	
A	7,90	7,90	[m ²]
p_d'	16,37	16,37	[KN/m ²]
$p_{v2a,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
$p_{v2b,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
a_2	0,30	0,30	[m]

	BS-P	BS-A	
h_{Schnitt}	1,10	1,10	[m]
$h_{E_pv2_1}$	0,14	0,16	[m]
$h_{E_pv2_2}$	0,34	0,36	[m]
$h_{E_pv2_3}$	3,16	3,34	[m]

EL geneigt unter:

ϕ_i

min θ_a

min θ_a

(A: Ersatzfläche, $p_{v2,d} = p_d' - p_{v1,d} \geq 0$, p_d' aus Ersatzfläche, EL: Einflusslinie)

Resultierende Wasserdruckkräfte auf der Aktiv- und Passivseite, Auftriebskraft an der Berme:

	BS-P	BS-A	
$W_{ah,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (h_s^2 + t \cdot (h_s + w_{01} + t)) =$	8,3	8,3	[KN/m]
$W_{ph,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (w_{Land}^2 + t \cdot (w_{Land} + w_{02} + t)) =$	8,0	8,0	[KN/m]
$W_{pv,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} =$	0,0	0,0	[KN/m]
$W_d' = \gamma_{w,d} \cdot 0,5 \cdot (w_{01} + w_{02} + 2 \cdot t) \cdot L_B =$	8,0	8,0	[KN/m]

($\gamma_{w,d}$: Wasserwichte)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des passiven Erddrucks an der Landseite nach Coulomb:

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-P, II	0,00	11,2	0,0	1,000	0,000
	1,00	16,2	0,0		

BS-P

Resultierende:

$E_{ph,d}$	13,7	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

(GOK: Geländeoberkante)

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-A, II	0,00	12,7	0,0	1,000	0,000
	1,00	17,7	0,0		

BS-A

Resultierende:

$E_{ph,d}$	15,2	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

Ermittlung der Eigengewichtskraft des Gleitkörpers:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= L_B \cdot t = 0,50 \text{ [m}^2\text{]} && (A_i: \text{Teilflächen d. Gleitkörpers, c: geom. Hilfsgröße}) \\
 A_2 &= 0,5 \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]} \\
 A_3 &= 0,5 \cdot (w_{Land} + h_s) \cdot (L_B - w_{Land} / m_{BL}) = 0,01 \text{ [m}^2\text{]} \\
 A_4 &= 0,5 \cdot c \cdot (L_B - w_{Land} / m_{BL} - \Delta b) = 0,01 \text{ [m}^2\text{]} && (c = 0,050 \text{ [m]}) \\
 A_5 &= 0,5 \cdot (h_d - h_s + c) \cdot \Delta b = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

	BS-P	BS-A	
$G_{2,d} = A_1 \cdot (\gamma_{ll,d} + \gamma_{w,d}) + (A_2 + A_3) \cdot (\gamma_{ll,d} + \gamma_{w,d}) + (A_4 + A_5) \cdot \gamma_{ll,d}$	11,0	11,0	[KN/m]
$G_{2,d}' = G_{2,d} - W_d'$	3,0	3,0	[KN/m]

Sicherheit gegen Abschieben:

(G_2 : Gewicht d. Gleitkörpers)

(G_2' : Gewichtskraft unter Auftrieb i. d. Gleitfuge)

$\Sigma R_i / \Sigma E_i > 1$

$$\Sigma R_i / \Sigma E_i = \frac{E_{ph,d} + W_{ph,d} + (W_{pv,d} + G_{2,d}' + E_{av,d} + E_{pv,d}) \cdot \tan \phi_{s,d} + c_{s,d} \cdot L_B}{E_{ah,d} + E_{apv2,d} + W_{ah,d}}$$

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	23,8	15,3	1,56	24,5	19,9	1,23
BS-A	25,1	11,7	2,14	25,7	14,9	1,73

(ΣR_i : Summe der Widerstände in [KN/m])

(ΣE_i : Summe der Einwirkungen in [KN/m])

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+100 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,00 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	0,50 [m]	GOK	93,90 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	94,00 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	11,70 [m]	$w_{01} + t$	0,70 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$w_{02} + t$	0,70 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H:
Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

i_a	0,40	0,40	[-]
$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$	7,0	7,0	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	9,6	5,2	1,83	9,9	7,7	1,29
BS-A	10,2	3,4	3,02	10,6	5,1	2,08

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+200 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,45 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	0,30 [m]	GOK	93,45 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,55 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	14,18 [m]	$W_{01} + t$	0,95 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	0,95 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	2,17	2,17	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	0,0	0,0	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	4,8	3,7	1,30	4,9	5,3	0,93
BS-A	5,2	2,5	2,09	5,2	3,6	1,45

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+300 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,00 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	0,50 [m]	GOK	93,90 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	94,00 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	11,70 [m]	$W_{01} + t$	0,70 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	0,70 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
 GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H:
 Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
 (Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

i_a	0,40	0,40	[-]
$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$	7,0	7,0	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	20,5	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	23,0	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	9,6	5,2	1,83	9,9	7,7	1,29
BS-A	10,2	3,4	3,02	10,6	5,1	2,08

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+500 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	0,90 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,00 [m]	GOK	94,00 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	94,10 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	11,15 [m]	$W_{01} + t$	2,10 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	2,10 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
 GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

Verkehr	Bodenkenngrößen				Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
 (Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,05	0,05	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	10,5	10,5	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,6	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	25,3	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	71,0	37,2	1,91	72,2	45,3	1,60
BS-A	73,9	30,3	2,44	75,0	35,8	2,09

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+600 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,55 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,00 [m]	GOK	93,35 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,45 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	14,72 [m]	$W_{01} + t$	2,75 [m]		
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	2,75 [m]		

(t: Deckschichtmächtigkeit,
 L_B : Basislänge Gleitkörper,
 W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,38	0,38	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	7,3	7,3	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,6	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	25,3	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	69,7	43,7	1,60	71,0	51,8	1,37
BS-A	72,5	37,6	1,93	73,6	43,1	1,71

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+700 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	1,00 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	2,45 [m]
h_S	0,30 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,00 [m]	GOK	92,45 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,45 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	5,00 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	4,00 [m]
L_{Deich}	21,98 [m]	$W_{01} + t$	3,65 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	3,65 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H:
Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,83	0,83	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	2,7	2,7	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Material	Aktivseite:					Passivseite:			
	ϕ_d [°]	c_d [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]	β [°]	γ_d [KN/m ³]	γ_d' [KN/m ³]	$\phi_d / \phi_{u,d}$ [°]	$c_d / c_{u,d}$ [KN/m ²]	δ/ϕ_d [-]
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0			
BS-P II	22,6	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0			
BS-A II	25,3	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$ [°]	$c_{s,d}$ [KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	99,4	76,3	1,30	101,2	87,5	1,16
BS-A	106,0	65,9	1,61	107,6	73,6	1,46

b_{Berme} 4,00 [m] (Bermenbreite)
 h_D 1,00 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des aktiven Erddrucks auf der Wasserseite nach Coulomb:

(kein Ansatz von Zugspannungen in $E_{ah,d}$, Erddruck teilweise unter Auftrieb, Einfluss der Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme bereits eingerechnet)

Material	Kote ab BOK	$(p_{v1a,d})$		$(p_{v1b,d})$		K_{ah}	K_{av}	θ_a
		e_{ah}	e_{av}	e_{ah}	e_{av}			
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]	[°]
BS-P, I	0,00	7,1	3,3	10,6	4,9	0,325	0,150	51,1
	0,70	11,6	5,4	15,1	7,0			
BS-P, I	0,70	11,6	5,4	15,1	7,0	0,325	0,150	51,1
	1,00	12,7	5,9	16,2	7,5			
BS-P, II	1,00	9,2	3,8	13,0	5,4	0,358	0,149	49,8
	3,00	17,0	7,1	20,9	8,7			
BS-A, I	0,00	4,8	2,5	7,1	3,7	0,285	0,150	52,9
	0,70	8,8	4,6	11,1	5,8			
BS-A, I	0,70	8,8	4,6	11,1	5,8	0,285	0,150	52,9
	1,00	9,7	5,1	12,1	6,3			
BS-A, II	1,00	5,7	2,7	8,3	3,9	0,317	0,150	51,5
	3,00	12,6	6,0	15,3	7,2			

BS-P

BS-A

Resultierende:

	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	$(p_{v1a,d})$	$(p_{v1b,d})$	
$E_{ah,d}$	36,4	47,6	25,8	33,4	[KN/m]
$E_{av,d}$	15,6	20,4	12,6	16,3	[KN/m]
$E_{apv2,d}$	0,0	0,0	0,2	0,2	[KN/m]
	LF 2		LF 3		

(BOK: Bermenoberkante)

(e: Erddruckkoordinaten)

(K: Erddruckbeiwerte)

(θ : Gleitflächenneigung)

(h/v: horizontal/vertikal)

Ermittlung der Zusatzbelastung $p_{v2,d}$ ($\Rightarrow E_{apv2,d}$) aus dem Gewicht des Deichkörpers oberhalb der Berme und einer evtl. Last auf der Krone selbst, falls die Spannung daraus in Höhe BOK größer ist, als die der angesetzten Verkehrslast $p_{v1,d}$ auf der Berme:

	BS-P	BS-A	
A	9,41	9,41	[m ²]
p_d'	17,96	17,96	[KN/m ²]
$p_{v2a,d}$	0,00	1,26	[KN/m ²]
$p_{v2b,d}$	0,00	0,00	[KN/m ²]
a_2	3,00	3,00	[m]

EL geneigt unter:

	BS-P	BS-A	
$h_{Schnitt}$	3,00	3,00	[m]
$h_{E_{pv2_1}}$	1,39	1,57	[m]
$h_{E_{pv2_2}}$	3,55	3,77	[m]
$h_{E_{pv2_3}}$	6,50	6,91	[m]

(A: Ersatzfläche, $p_{v2,d} = p_d' - p_{v1,d} \geq 0$, p_d' aus Ersatzfläche, EL: Einflusslinie)

Resultierende Wasserdruckkräfte auf der Aktiv- und Passivseite, Auftriebskraft an der Berme:

	BS-P	BS-A	
$W_{ah,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (h_s^2 + t \cdot (h_s + w_{01} + t)) =$	40,0	40,0	[KN/m]
$W_{ph,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot (w_{Land}^2 + t \cdot (w_{Land} + w_{02} + t)) =$	36,5	36,5	[KN/m]
$W_{pv,d} = 0,5 \cdot \gamma_{w,d} \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} =$	0,0	0,0	[KN/m]
$W_d' = \gamma_{w,d} \cdot 0,5 \cdot (w_{01} + w_{02} + 2 \cdot t) \cdot L_B =$	182,5	182,5	[KN/m]

($\gamma_{w,d}$: Wasserwichte)

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Ermittlung des passiven Erddrucks an der Landseite nach Coulomb:

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-P, II	0,00	11,2	0,0	1,000	0,000
	2,00	16,7	0,0		

BS-P

Resultierende:

$E_{ph,d}$	27,9	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

(GOK: Geländeoberkante)

Material	Kote ab GOK	e_{ph}	e_{pv}	K_{ph}	K_{pv}
Nr.	[m]	[KN/m ²]	[KN/m ²]	[-]	[-]
BS-A, II	0,00	12,7	0,0	1,000	0,000
	2,00	18,2	0,0		

BS-A

Resultierende:

$E_{ph,d}$	31,0	[KN/m]
$E_{pv,d}$	0,0	[KN/m]

Ermittlung der Eigengewichtskraft des Gleitkörpers:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= L_B \cdot t = 10,00 \text{ [m}^2\text{]} && (A_i: \text{Teilflächen d. Gleitkörpers, c: geom. Hilfsgröße}) \\
 A_2 &= 0,5 \cdot w_{Land}^2 / m_{BL} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]} \\
 A_3 &= 0,5 \cdot (w_{Land} + h_s) \cdot (L_B - w_{Land} / m_{BL}) = 0,75 \text{ [m}^2\text{]} \\
 A_4 &= 0,5 \cdot c \cdot (L_B - w_{Land} / m_{BL} - \Delta b) = 1,75 \text{ [m}^2\text{]} && (c = 0,700 \text{ [m]}) \\
 A_5 &= 0,5 \cdot (h_d - h_s + c) \cdot \Delta b = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

	BS-P	BS-A	
$G_{2,d} = A_1 \cdot (\gamma_{II,d}' + \gamma_{w,d}) + (A_2 + A_3) \cdot (\gamma_{I,d}' + \gamma_{w,d}) + (A_4 + A_5) \cdot \gamma_{I,d}$	260,8	260,8	[KN/m]
$G_{2,d}' = G_{2,d} - W_d'$	78,2	78,2	[KN/m]

Sicherheit gegen Abschieben:

(G_2 : Gewicht d. Gleitkörpers)

(G_2' : Gewichtskraft unter Auftrieb i. d. Gleitfuge)

$\Sigma R_i / \Sigma E_i > 1$

$$\Sigma R_i / \Sigma E_i = \frac{E_{ph,d} + W_{ph,d} + (W_{pv,d} + G_{2,d}' + E_{av,d} + E_{pv,d}) \cdot \tan \phi_{s,d} + c_{s,d} \cdot L_B}{E_{ah,d} + E_{apv2,d} + W_{ah,d}}$$

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	99,4	76,3	1,30	101,2	87,5	1,16
BS-A	106,0	65,9	1,61	107,6	73,6	1,46

(ΣR_i : Summe der Widerstände in [KN/m])

(ΣE_i : Summe der Einwirkungen in [KN/m])

Sicherheit der landseitigen Deichböschung gegen Abschieben
Ermittlung der erforderlichen Bermenhöhe / DIN 1054:2010-12

Nachweis: **3+800 ; Schnitt x-x**

Deichgeometrie und Bemessungswasserstände:

h_D	0,10 [m]	W_{B1}	94,10 [m+NN]	H	1,35 [m]
h_S	0,05 [m]	W_{B2}	94,10 [m+NN]	m_L 1:	3,00 [-]
t	2,00 [m]	GOK	93,55 [m+NN]	m_W 1:	2,50 [-]
m_{BL} 1:	5,00 [-]	BOK	93,65 [m+NN]	b_{Krone}	2,50 [m]
L_B	0,50 [m]	W_{Land}	0,00 [m]	b_{erf}	3,50 [m]
L_{Deich}	13,63 [m]	$W_{01} + t$	2,55 [m]		(t: Deckschichtmächtigkeit,
Δb	0,00 [m]	$W_{02} + t$	2,55 [m]		L_B : Basislänge Gleitkörper,

W_{BHW} : angesetzter Wasserspiegel,
 b_{erf} : Mindestbreite der Berme,
GOK/BOK: Bermen-/Geländeoberkante, H: Deichhöhe über GOK)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_i f. d. Grenzzustand 1C:

	Verkehr	Bodenkenngrößen			Wasser
	p	γ / γ'	$\tan \phi$	c'/c_u	γ_w
Fall	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
BS-P	1,30	1,00	1,25	1,25	1,00
BS-A	1,00	1,00	1,10	1,10	1,00

Abminderung d. Wichte γ_{II}'
(Einfluss Strömungskraft, Passivseite):

$$\gamma_{II,d}^* = \gamma_{II,d}' - i_a \cdot \gamma_{w,d}$$

i_a	0,27	0,27	[-]
$\gamma_{II,d}^*$	8,3	8,3	[KN/m ³]

(i_a : hydraul. Gradient)

Bodenmechanische Kennwerte und angesetzte Lasten:

Aktivseite:							Passivseite:			
Material	ϕ_d	c_d	δ/ϕ_d	β	γ_d	γ_d'	$\phi_d / \phi_{u,d}$	$c_d / c_{u,d}$	δ/ϕ_d	
	[°]	[KN/m ²]	[-]	[°]	[KN/m ³]	[KN/m ³]	[°]	[KN/m ²]	[-]	
BS-P I	24,8	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-P II	22,6	4,0	1,00			11,0	0,0	5,6	0,00	
BS-A I	27,7	0,0	1,00	0,00	20,0	11,0				
BS-A II	25,3	4,5	1,00			11,0	0,0	6,4	0,00	

(β : Bermenneigung, δ : Erddruckneigung, Mat I: Deichkörper, Mat II: Deckschicht)

Gleitfläche Bermenunterseite:

	$\phi_{s,d}$	$c_{s,d}$
	[°]	[KN/m ²]
BS-P	20,5	0,0
BS-A	23,0	0,0

Verkehrslasten/Schüttung:

	BS-P	BS-A	(auf der Berme / Krone / wassers. Böschg.)
$p_{v1a,d}$	21,7	16,7	[KN/m ²] (SLW 30)
$p_{v1b,d}$	32,5	25,0	[KN/m ²] (SLW 45)
Δx_{p_v}	0,0	0,0	[m] (horiz. Abst. z. Schnitt)
$p_{Krone,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
$p_{3,d}$	0,0	0,0	[KN/m ²]
x_3	0,0	0,0	[m] (Breite p3 auf G2)

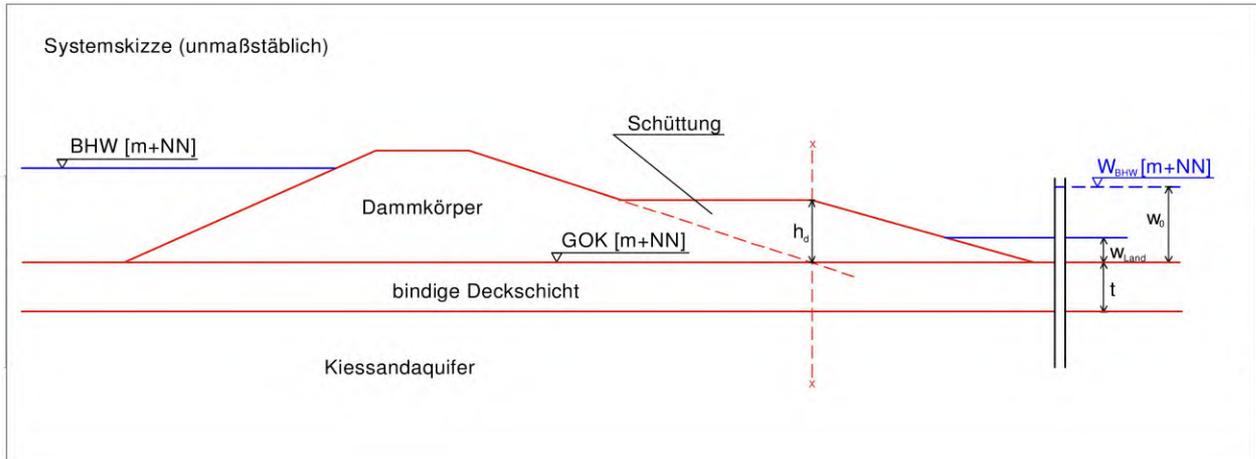
Sicherheiten (Kräfte in KN/m):

Fall	$p_{v1a,d}$			$p_{v1b,d}$		
	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$	ΣR_i	ΣE_i	$\Sigma R_i / \Sigma E_i$
BS-P	70,1	41,7	1,68	71,4	49,8	1,43
BS-A	72,9	34,8	2,09	74,1	40,3	1,84

b_{Berme} 3,50 [m] (Bermenbreite)
 h_D 0,10 [m] (Bermenhöhe)

Programmversion Berme 20

Berechnung der Auftriebssicherheit im Bereich des landseitigen Böschungsfußes



vorhandener Ausnutzungsgrad μ :

$$\mu_{\text{vorh}} = \frac{(w_0 + t) \cdot \gamma_w \cdot \gamma_{G,\text{dstb}}}{(t \cdot \gamma_2 + (h_d - w_{\text{Land}}) \cdot \gamma_1 + w_{\text{Land}} \cdot \gamma_{r1}) \cdot \gamma_{G,\text{stb}}}$$

erforderliche Aufschüttung h_D :

$$h_{D,\text{erf}} = \frac{\gamma_{G,\text{dstb}} \cdot (w_0 + t) \cdot \gamma_w - t \cdot \gamma_2 - w_{\text{Land}} \cdot \gamma_{r1}}{\gamma_1} + w_{\text{Land}}$$

Berechnung der Auftriebssicherheit am landseitigen Böschungsfuß

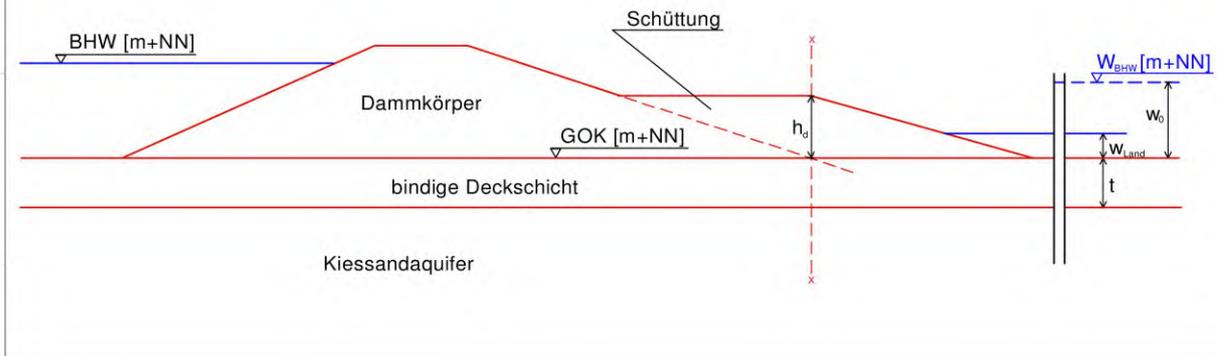
Nach DIN 1054:2005-1 erforderliche Teilsicherheitsbeiwerte:

		LF 1	LF 2	LF 3	
günstige Einwirkungen:	$\gamma_{g,\text{stb}}$	0,90	0,90	0,95	[-]
ungünstige Einwirkungen:	$\gamma_{g,\text{dstb}}$	1,00	1,00	1,00	[-]
gewählt:	$\gamma_{g,\text{stb}} =$	0,90			[-]
	$\gamma_{g,\text{dstb}} =$	1,00			[-]

Profil Nr. [-]	Damm-km [-]	W_{BHW} [m+NN]	GOK [m+NN]	w_0 [m]	h_D [m]	w_{Land} [m]	t [m]	γ_{2k} [kN/m ³]	γ_{r1k} [kN/m ³]	γ_{rk} [kN/m ³]	$\mu_{\text{vorh, LF 2}}$ [-]	$\eta_{\text{DIN1054alt}}$ [-]	$h_{D,\text{erf}}$ [m]
1+400	94,10	93,70	0,40	0,10	0,00	1,10	20,00	20,00	19,00	0,70	1,59	-0,28	
1+500	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	0,80	20,00	20,00	19,00	0,87	1,28	-0,02	
1+600	94,10	93,70	0,40	0,10	0,00	3,10	20,00	20,00	19,00	0,61	1,83	-1,22	
1+700	94,10	93,40	0,70	0,10	0,00	2,70	20,00	20,00	19,00	0,68	1,64	-0,85	
1+800	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	2,40	20,00	20,00	19,00	0,67	1,66	-0,77	
1+900	94,10	93,70	0,40	0,10	0,00	2,80	20,00	20,00	19,00	0,61	1,81	-1,08	
2+000	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	5,00	20,00	20,00	19,00	0,57	1,96	-2,22	
2+400	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	5,00	20,00	20,00	19,00	0,57	1,96	-2,22	
2+500	94,10	92,70	1,40	0,90	0,00	2,00	20,00	20,00	19,00	0,66	1,68	-0,12	
2+600	94,10	92,60	1,50	0,90	0,00	1,90	20,00	20,00	19,00	0,69	1,62	-0,01	
2+700	94,10	93,15	0,95	0,40	0,00	1,40	20,00	20,00	19,00	0,73	1,51	-0,10	
2+800	94,10	93,45	0,65	0,10	0,00	1,00	20,00	20,00	19,00	0,84	1,33	-0,09	
2+900	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	1,00	20,00	20,00	19,00	0,81	1,37	-0,12	
3+000	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	1,00	20,00	20,00	19,00	0,81	1,37	-0,12	
3+100	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	0,50	20,00	20,00	19,00	0,65	1,70	-0,12	
3+200	94,10	93,45	0,65	0,10	0,00	0,30	20,00	20,00	19,00	1,34	0,83	0,24	
3+300	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	0,50	20,00	20,00	19,00	0,65	1,70	-0,12	
3+500	94,10	94,00	0,10	0,10	0,00	2,00	20,00	20,00	19,00	0,56	2,00	-0,88	
3+600	94,10	93,35	0,75	0,10	0,00	2,00	20,00	20,00	19,00	0,73	1,52	-0,50	
3+700	94,10	92,45	1,65	1,00	0,00	2,00	20,00	20,00	19,00	0,69	1,62	0,03	
3+800	94,10	93,55	0,55	0,10	0,00	2,00	20,00	20,00	19,00	0,68	1,64	-0,61	

Berechnung der hydraulischen Grundbruchsicherheit im Bereich des landseitigen Böschungsfußes

Systemskizze (unmaßstäblich)



vorhandener Ausnutzungsgrad μ :

$$\mu_{\text{vorh}} = \frac{\gamma_H \cdot (w_0 - w_{\text{Land}}) \cdot \gamma_w}{\gamma_{G,\text{stb}} \cdot (t \cdot \gamma'_2 + (h_D - w_{\text{Land}}) \cdot \gamma_1 + w_{\text{Land}} \cdot \gamma'_1)}$$

erforderliche Aufschüttung h_D :

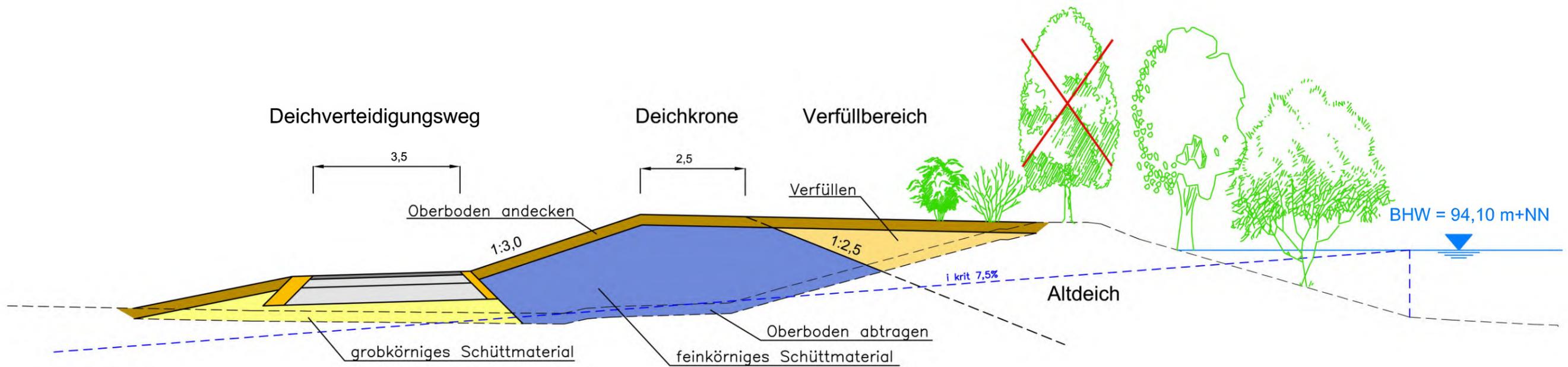
$$h_{D,\text{erf}} = \frac{\gamma_H \cdot (w_0 - w_{\text{Land}}) \cdot \gamma_w - t \cdot \gamma'_2 - w_{\text{Land}} \cdot \gamma'_1}{\gamma_1} + w_{\text{Land}}$$

Berechnung der hydraulischen Grundbruchsicherheit am landseitigen Böschungsfuß

Nach DIN 1054:2005-1 erforderliche Teilsicherheitsbeiwerte:

		LF 1	LF 2	LF 3	
günstige Einwirkungen:	$\gamma_{g,\text{stb}}$	0,90	0,90	0,95	[-]
Strömungskraft bei günstigem Untergrund:	γ_H	1,35	1,30	1,20	[-]
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund:	γ_H	1,80	1,60	1,35	[-]
gewählt:	$\gamma_{g,\text{stb}} =$	0,90			[-]
	$\gamma_H =$	1,35			[-]

Profil Nr.	Damm-km	W_{BHW}	GOK	w_0	h_D	w_{Land}	t	γ'_{2k}	γ'_{1k}	γ_{1k}	$\mu_{\text{vorh., LF 2}}$	$\eta_{\text{DIN1054alt}}$	$h_{D,\text{erf.}}$
[-]		[m+NN]	[m+NN]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[-]	[-]	[m]
1+400	94,10	93,70	0,40	0,10	0,00	1,10	10,00	11,00	19,00	0,47	3,22	-0,26	
1+500	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	0,80	10,00	11,00	19,00	0,91	1,65	0,05	
1+600	94,10	93,70	0,40	0,10	0,00	3,10	10,00	11,00	19,00	0,18	8,22	-1,32	
1+700	94,10	93,40	0,70	0,10	0,00	2,70	10,00	11,00	19,00	0,36	4,13	-0,87	
1+800	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	2,40	10,00	11,00	19,00	0,35	4,32	-0,79	
1+900	94,10	93,70	0,40	0,10	0,00	2,80	10,00	11,00	19,00	0,20	7,47	-1,16	
2+000	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	5,00	10,00	11,00	19,00	0,06	25,95	-2,47	
2+400	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	5,00	10,00	11,00	19,00	0,06	25,95	-2,47	
2+500	94,10	92,70	1,40	0,90	0,00	2,00	10,00	11,00	19,00	0,57	2,65	0,05	
2+600	94,10	92,60	1,50	0,90	0,00	1,90	10,00	11,00	19,00	0,62	2,41	0,18	
2+700	94,10	93,15	0,95	0,40	0,00	1,40	10,00	11,00	19,00	0,66	2,27	0,01	
2+800	94,10	93,45	0,65	0,10	0,00	1,00	10,00	11,00	19,00	0,82	1,83	-0,01	
2+900	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	1,00	10,00	11,00	19,00	0,76	1,98	-0,05	
3+000	94,10	93,50	0,60	0,10	0,00	1,00	10,00	11,00	19,00	0,76	1,98	-0,05	
3+100	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	0,50	10,00	11,00	19,00	0,43	3,45	-0,11	
3+200	94,10	93,45	0,65	0,10	0,00	0,30	10,00	11,00	19,00	1,99	0,75	0,36	
3+300	94,10	93,90	0,20	0,10	0,00	0,50	10,00	11,00	19,00	0,43	3,45	-0,11	
3+500	94,10	94,00	0,10	0,10	0,00	2,00	10,00	11,00	19,00	0,07	21,90	-0,97	
3+600	94,10	93,35	0,75	0,10	0,00	2,00	10,00	11,00	19,00	0,51	2,92	-0,46	
3+700	94,10	92,45	1,65	1,00	0,00	2,00	10,00	11,00	19,00	0,63	2,36	0,25	
3+800	94,10	93,55	0,55	0,10	0,00	2,00	10,00	11,00	19,00	0,38	3,98	-0,62	



Deich

Feinkörniges (bindiges) Schüttmaterial

Bodengruppe nach DIN 18196: TL / TM
 Bodenklasse nach DIN 18300:2012: 4
 Reibungswinkel φ : $\geq 25^\circ$
 Kohäsion C: $\geq 5 \text{ kN/m}^2$
 Plastizität I_p : $\geq 12 \%$
 Durchlässigkeitsbeiwert k_f : $\leq 10^{-8} \text{ m/s}$
 Verdichtungsgrad: $\geq 98 \%$ e.P.
 Einbauwassergehalt: $\pm 2 \%$ wopt
 Kies-Steinanteil: $< 20 \%$ Gew.-%
 Sand-Kies-Steinanteil: $< 30 \%$ Gew.-%
 organische Bestandteile: keine
 Zuordnung TR Boden der LAGA: Z0



Berme

Grobkörniges Schüttmaterial

Bodengruppe nach DIN 18196: GW / SW
 Bodenklasse nach DIN 18300:2012: 3
 Reibungswinkel φ : $\geq 35^\circ$
 Feinteile ($D < 0,063 \text{ mm}$): $\leq 5 \%$
 Durchlässigkeitsbeiwert k_f : $\geq 5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
 Verdichtungsgrad: $\leq 10^{-8} \text{ m/s}$
 stetige, weitgestufte Kornverteilung
 geometrisch suffusionsstabil
 keine organischen Beimengungen
 Zuordnung TR Boden der LAGA: Z0



Füllboden

Bodengruppe nach DIN 18 196: SE/SW/SU/SU*/UL/UM
 Verdichtungsgrad: $\geq 95 \%$ e.P.
 keine organischen Beimengungen
 Zuordnung TR Boden der LAGA: Z0



Wegebau

Tragschicht- und Frostschutzmaterial, Bankette

entsprechend ZTV SoB StB bzw. TL SoB StB
 Zuordnung TR Boden der LAGA: Z0

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Hauptstraße 152
 76744 Wörth-Schaidt
 Tel. 06340 / 508070 - 1



Gewässerzweckverband Rehbach – Speyerbach
 Ausbau der nördlichen Rehbachdeiche
 Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Regelprofil Deichausbau
 Materialanforderungen

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	5	1 : 100	12.02.2016	UH	UH

Plangrundlage: IPR Neustadt

Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

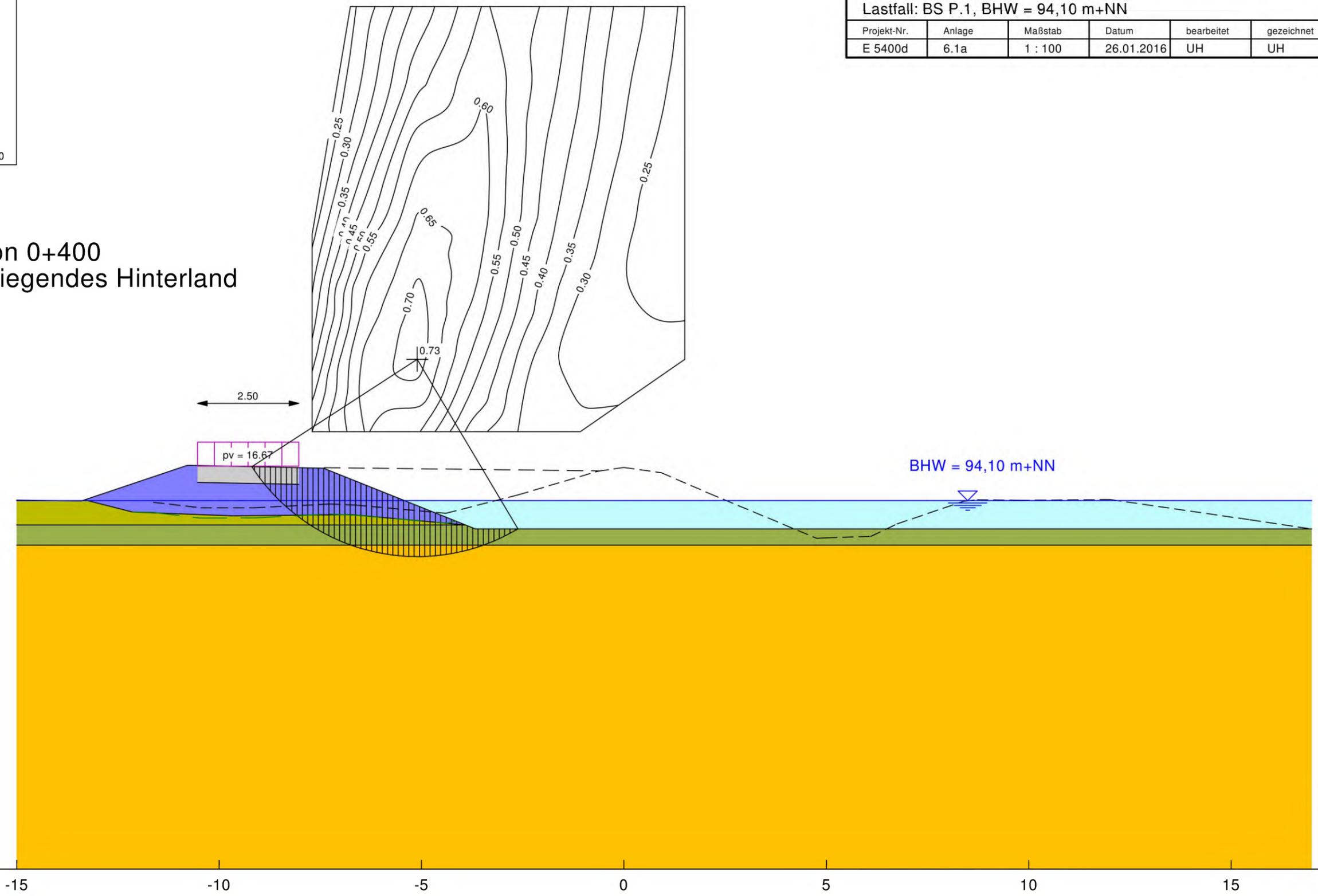
Station 0+400 (Schichtverhältnisse Station 0+520)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.1, BHW = 94,10 m+NN

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	6.1a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	2.00	20.00	Auffüllung, Schluff, stark san
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht, Schluff
	32.50	0.00	20.00	Feinmittelsand
	35.00	0.00	20.00	Schotter
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.73$
 $x_m = -5.10$ m
 $y_m = 97.59$ m
 $R = 4.87$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Station 0+400
hochliegendes Hinterland



2.50

pv = 16,67

0,73

BHW = 94,10 m+NN

Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

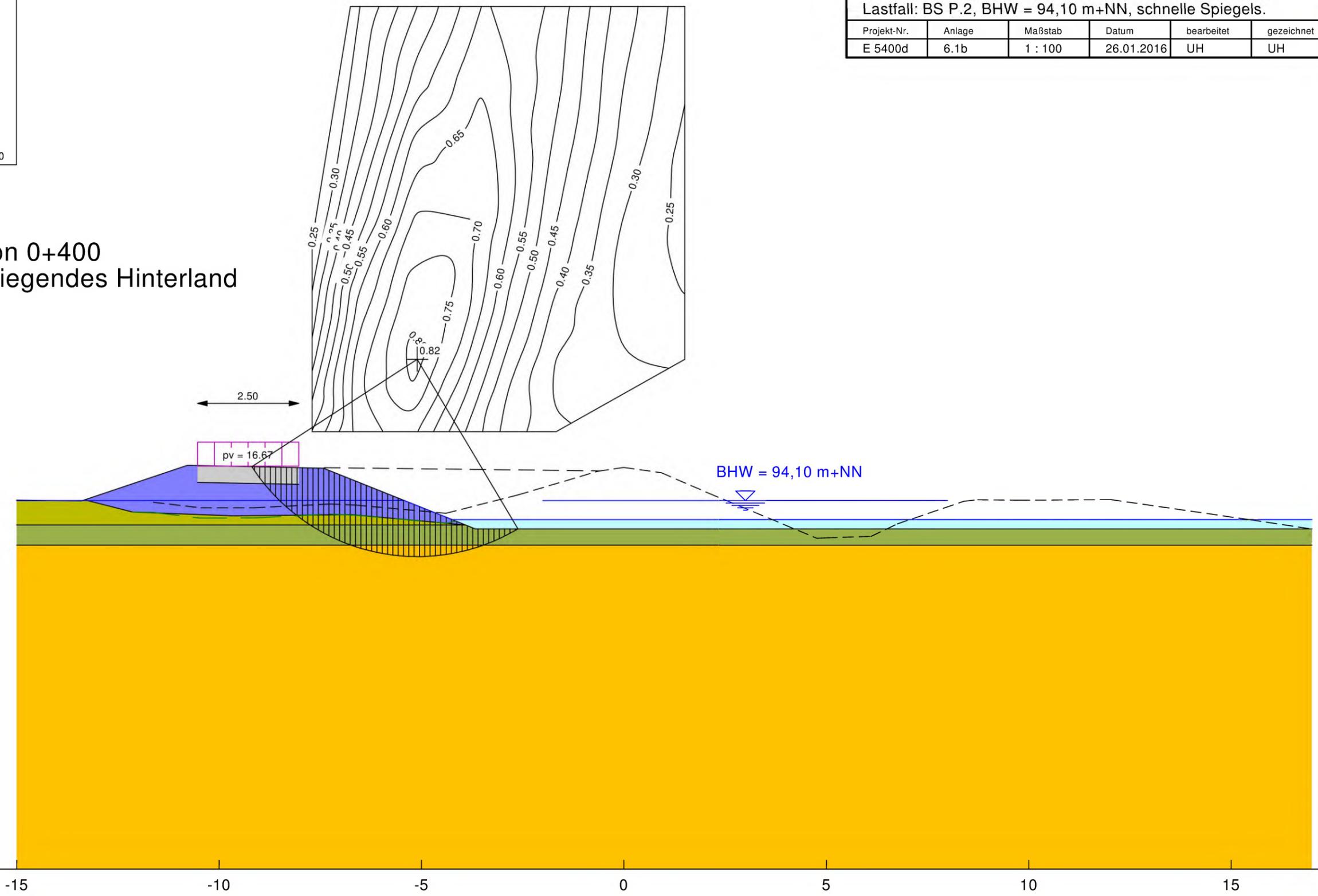
Station 0+400 (Schichtverhältnisse Station 0+520)
Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P.2, BHW = 94,10 m+NN, schnelle Spiegel.

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	6.1b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	2.00	20.00	Auffüllung, Schluff, stark san
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht, Schluff
	32.50	0.00	20.00	Feinmittelsand
	35.00	0.00	20.00	Schotter
	25.00	5.00	20.00	Schüttung bindig

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.82$
 $x_m = -5.10$ m
 $y_m = 97.59$ m
 $R = 4.87$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Station 0+400
hochliegendes Hinterland



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

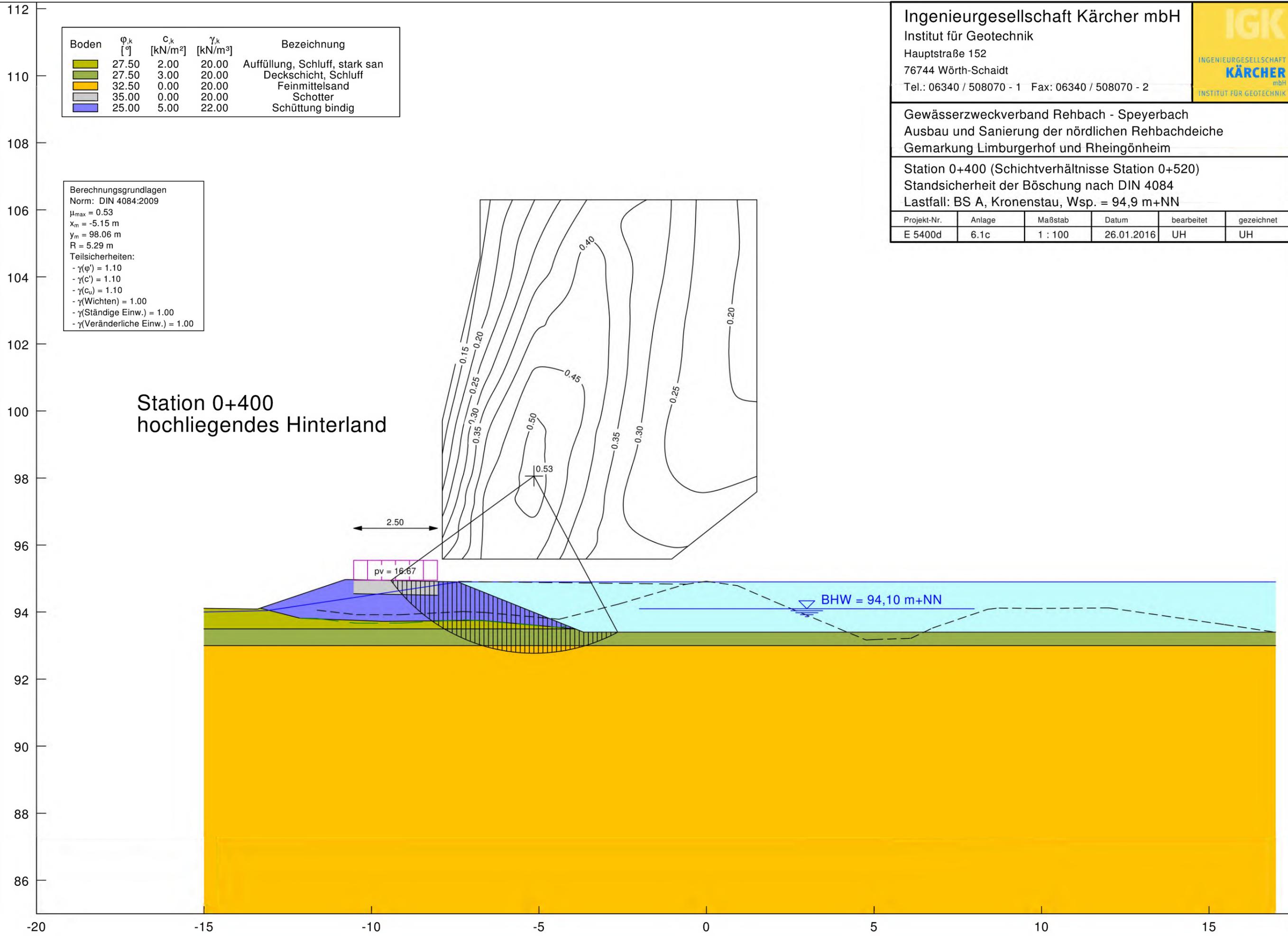
Station 0+400 (Schichtverhältnisse Station 0+520)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS A, Kronenstau, Wsp. = 94,9 m+NN

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	6.1c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	2.00	20.00	Auffüllung, Schluff, stark san
	27.50	3.00	20.00	Deckschicht, Schluff
	32.50	0.00	20.00	Feinmittelsand
	35.00	0.00	20.00	Schotter
	25.00	5.00	22.00	Schüttung bindig

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.53$
 $x_m = -5.15$ m
 $y_m = 98.06$ m
 $R = 5.29$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

Station 0+400
hochliegendes Hinterland



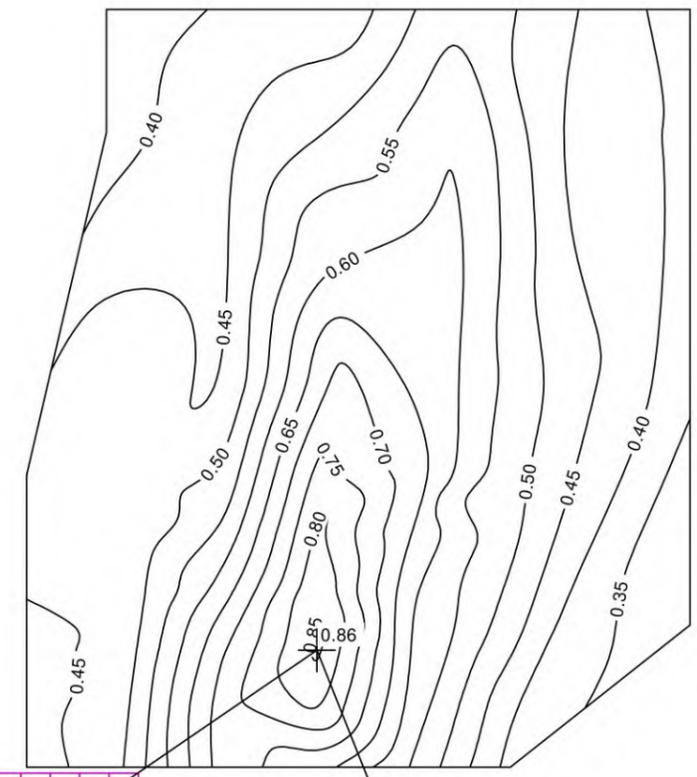
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Station 0+300 (Schichtverhältnisse BS L1a/b)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P1, BHW = 94,1 m+NN

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	6.2a	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

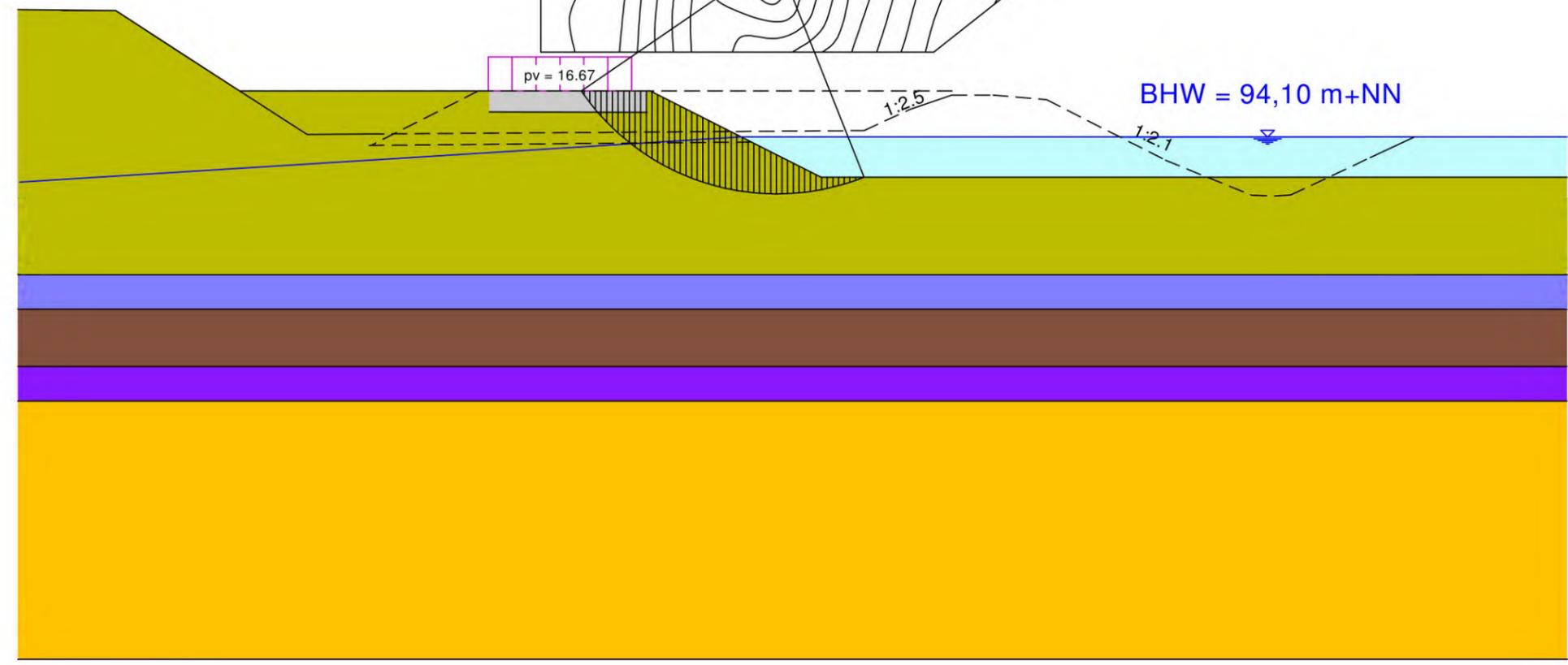
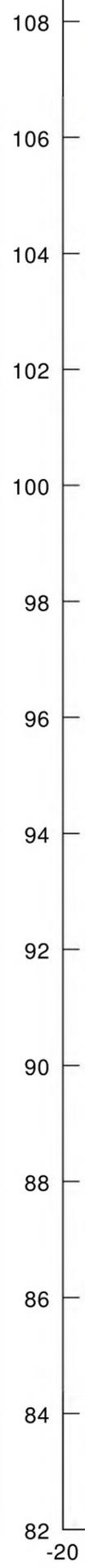
Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	2.00	20.00	Auffüllung, Schluff, stark san
	27.50	4.00	20.00	Deckschicht, Ton
	17.50	0.00	17.00	Torf
	22.50	3.00	19.00	Ton, org
	35.00	0.00	20.00	Schotter
	32.50	0.00	20.00	Sand

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.86$
 $x_m = -3.78$ m
 $y_m = 97.23$ m
 $R = 4.12$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



0+300.000

hochliegendes
Baugebiet



Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Station 0+300 (Schichtverhältnisse BS L1a/b)
Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS P2, BHW = 94,1 m+NN, schnelle Spiegel.

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	6.2b	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

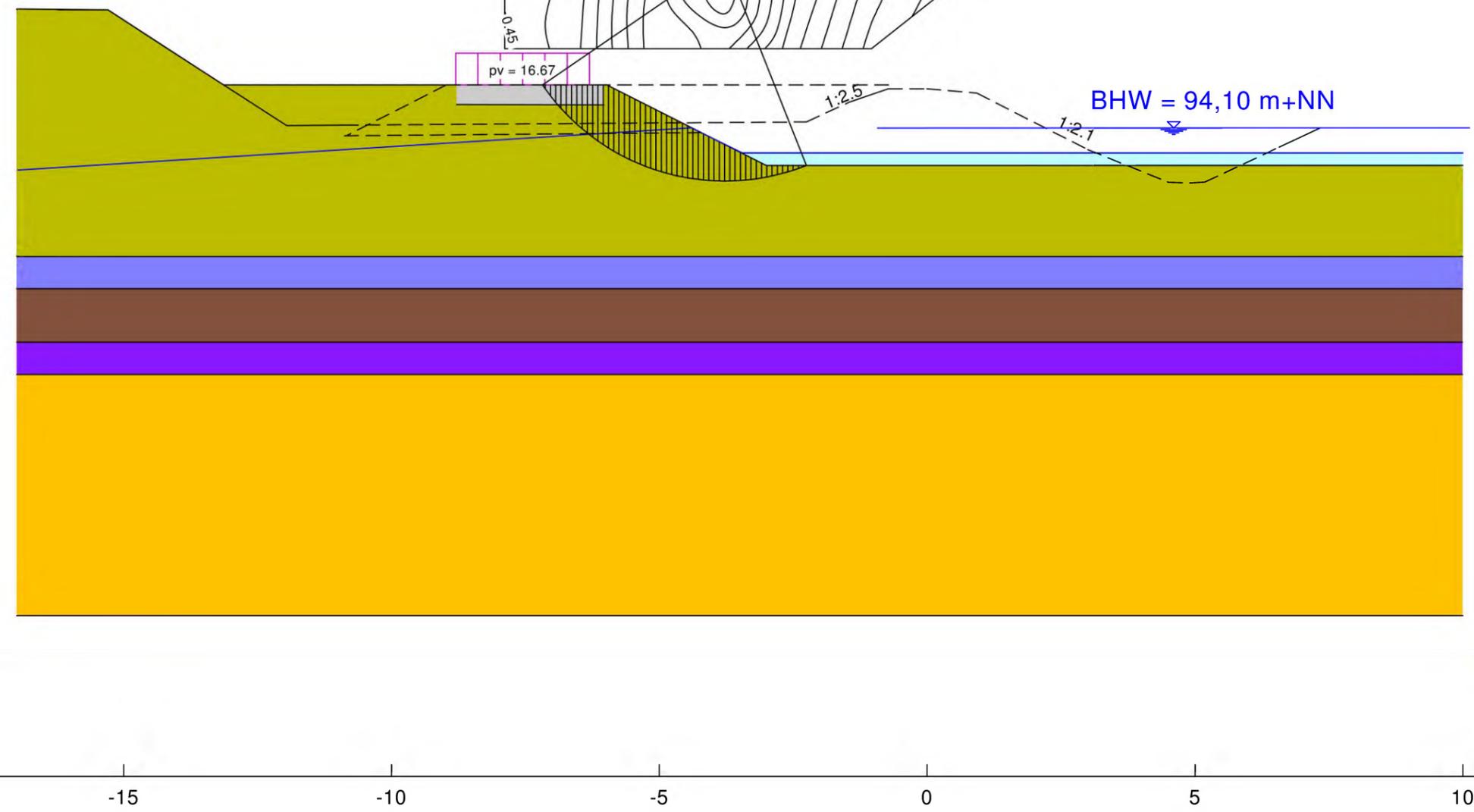
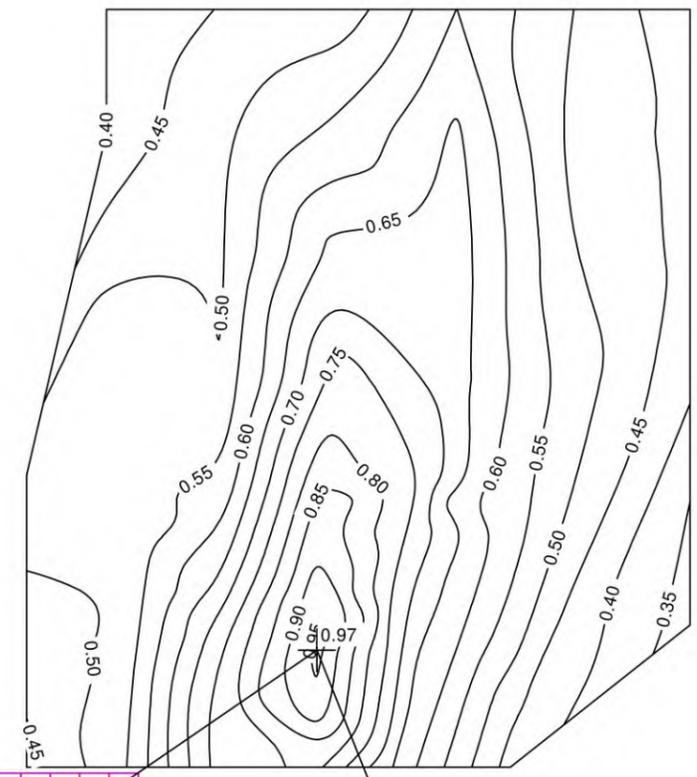
Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	2.00	20.00	Auffüllung, Schluff, stark san
	27.50	4.00	20.00	Deckschicht, Ton
	17.50	0.00	17.00	Torf
	22.50	3.00	19.00	Ton, org
	35.00	0.00	20.00	Schotter
	32.50	0.00	20.00	Sand

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.97$
 $x_m = -3.78$ m
 $y_m = 97.23$ m
 $R = 4.12$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

108
106
104
102
100
98
96
94
92
90
88
86
84
82

0+300.000

hochliegendes
Baugebiet



-20 -15 -10 -5 0 5 10 15

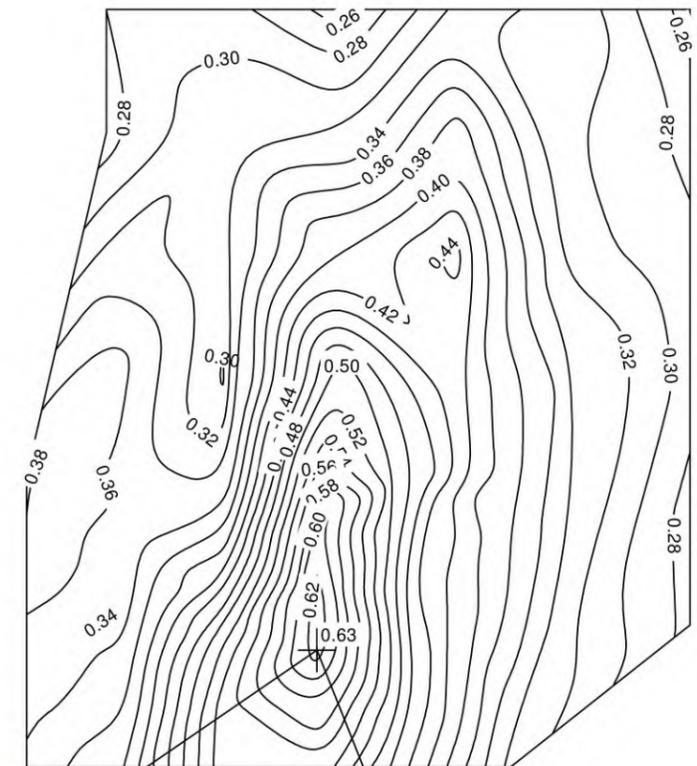
Gewässerzweckverband Rehbach - Speyerbach
Ausbau und Sanierung der nördlichen Rehbachdeiche
Gemarkung Limburgerhof und Rheingönheim

Station 0+300 (Schichtverhältnisse BS L1a/b)
Standicherheit der Böschung nach DIN 4084
Lastfall: BS A, Kronenstau, Wsp. = 94,9 m+NN

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 5400d	6.2c	1 : 100	26.01.2016	UH	UH

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	2.00	20.00	Auffüllung, Schluff, stark san
	27.50	4.00	20.00	Deckschicht, Ton
	17.50	0.00	17.00	Torf
	22.50	3.00	19.00	Ton, org
	35.00	0.00	20.00	Schotter
	32.50	0.00	20.00	Sand

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:2009
 $\mu_{max} = 0.63$
 $x_m = -3.78$ m
 $y_m = 97.23$ m
 $R = 4.12$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$



0+300.000

hochliegendes Baugebiet

Wsp. = 94,9 m+MM, bordvoll

