

WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH
Oll-Päsel-Weg 1, 18069 Rostock

STATISCHE BERECHNUNG

Vorhaben : Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach zur lateralen Vernetzung und Entwicklung naturnaher Gewässer- und Auenstrukturen

Projektnummer : 32036

Objekte : **Deiche und Böschungen**

Planungsphase : Genehmigungsplanung

Auftraggeber : Wasser- und Bodenverband
„Untere Warnow – Küste“
Alr Bartelsdorfer Str. 18A
18146 Rostock

Die statischen Berechnungen umfassen 33 Seiten.

Rostock, den 17.04.2020



Dr.-Ing. Stefan Cantré

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

Inhalt

1	Vorbemerkungen	3
2	Beschreibung der Bauwerke	3
3	Geltende Vorschriften, Literatur und Unterlagen.....	4
3.1	Geltende Vorschriften:	4
3.2	Unterlagen:	4
3.3	Literatur:	4
3.4	Berechnungsprogramme:	4
4	Baugrund.....	5
5	Materialien.....	6
6	Standsicherheitsnachweise.....	6
6.1	Berechnungsgrundlagen.....	6
6.1.1	<i>Allgemeines.....</i>	6
6.1.2	<i>Grenzzustände der Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit, Bemessungssituationen und Teilsicherheitsbeiwerte</i>	6
6.1.3	<i>Anmerkungen zur Nachweisführung.....</i>	7
6.1.4	<i>Lastannahmen.....</i>	10
6.2	Pos. 1: Deich	11
6.2.1	<i>Betrachtungen zur Sickerlinie im Deichquerschnitt</i>	11
6.2.2	<i>Sicherheit gegen Unterströmung (innere Erosion)</i>	11
6.2.3	<i>Standsicherheit der Böschungen</i>	12
6.3	Pos. 2: Mahlbusen Schöpfwerk West (SWW)	17
6.3.1	<i>Gesamtstandsicherheit der Böschungen</i>	17
6.3.2	<i>Sicherheit der Steinmatratzen gegen Abrutschen auf der Böschung</i>	23
6.4	Pos. 3: Mahlbusen Schöpfwerk Ost (SWO)	25
6.4.1	<i>Gesamtstandsicherheit der Böschungen</i>	25
6.4.2	<i>Sicherheit der Steinschüttung und der Steinmatratzen gegen Abrutschen auf der Böschung</i>	33

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

1 Vorbemerkungen

Das betrachteten Bauwerke sind: (1) ein Deich östlich des Körkwitzer Baches mit Kronenhöhe 1,15 m über NHN, (2) die Erhöhung eines Reitwegs zum Zwecke des Hochwasserschutzes auf Kronenhöhe 1,15 m über NHN, (3) die Sicherung der neu zu profilierenden Böschung nach Herstellung des Neubaus des Schöpfwerks West sowie (4) der Mahlbusen am neu zu errichtenden Schöpfwerk Ost in Neuheide.

Die Erdbauwerke sind erforderlich im Projekt zur Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach.

Die statischen Berechnungen betreffen die Erdbauwerke und beschränken sich auf die für die Standsicherheit und Bauausführung erforderlichen Nachweise.

Für das als Baustoff für Dämme und Deiche vorgeschlagene gereifte Baggergut werden geotechnische Kennwerte aus Erfahrung angesetzt. Die Kennwerte sind für das ausgewählte Material vor dem Einbau nachzuweisen. Bei Abweichungen der Scherfestigkeitsparameter nach unten gegenüber den Annahmen sind ggf. ergänzende Standsicherheitsberechnungen erforderlich.

2 Beschreibung der Bauwerke

Der Deich wird mit einer Kronenhöhe von 1,15 m über NHN, einer Kronenbreite von 3,0 m und einer Böschungsneigung (beidseitig) von $1 : n = 1 : 3$ ausgebildet. Er wird als sogenannter Sommerdeich geplant, d.h. höhere Wasserstände im Winterhalbjahr können zu einer Überströmung des Bauwerks führen.

Der bestehende Reitweg wird für den HW-Schutz auf das Schutzniveau 1,15 m erhöht. Dazu wird der bestehende Wall z.T. verbreitert. Es gibt zwei Abschnitte mit grundsätzlich unterschiedlicher Funktion: 1. Abschnitt mit Hochwassersicherheit des Wegs, Wasserstand beidseitig gleich hoch; 2. Abschnitt als Hochwasserschutzbauwerk mit Deichfunktion (wasserseitige gering durchlässige Deckschicht).

Die Böschungssicherung am Schöpfwerk West (am bestehenden Mahlbusen) wird i.W. durch Steinmatratzen realisiert. Die bestehende Böschung wird dazu insbesondere im Unterwasserbereich auf $1 : n = 1 : 3$ abgeflacht.

Der Damm zur Mahlbuseneinfassung sowie die Unterwasserböschung am Schöpfwerk Ost wird ähnlich wie der Deich bemessen. Die Unterwasserböschung erhält eine Böschungsneigung von $1 : n = 1 : 2,5$, oberhalb an der Beckeninnenseite $1 : n = 1 : 2$ und die Außenböschung wird analog zum Deich mit $1 : n = 1 : 3$ ausgebildet. Die Unterwasserböschung wird durch eine Steinschüttung, im Bereich der einmündenden Rohrleitungen durch Steinmatratzen gesichert. Die Krone ist 3,0 m breit und wird mit einer für geringe Verkehrslasten ausgelegten Schotterrasenfläche befestigt.

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

3 Geltende Vorschriften, Literatur und Unterlagen

3.1 Geltende Vorschriften:

[1.1]	DIN EN 1997 (Eurocode 7) – Geotechnik
[1.2]	DIN 1054 Geotechnik
[1.3]	EBGEO – Empfehlungen für Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen, Ausgabe 2010.
[1.4]	DIN EN 1991-1 (Eurocode 1)
[1.5]	DWA-M 507 Deiche an Fließgewässern. DWA Merkblatt, 2011.
[1.6]	DWA-M 511 Filtern mit Geokunststoffen. DWA Merkblatt, 2017.

3.2 Unterlagen:

[2.1]	WASTRA-PLAN, 2020. Unterlagen zur Genehmigungsplanung, April 2020.
[2.2]	IBURO 2019. Geotechnischer Bericht mit Empfehlungen zum Erd- und Grundbau für den Rohrleitungsbau, 19-040.

3.3 Literatur:

[3.1]	Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln, 36. Auflage
[3.2]	DredgDikes Handbuch, Saathoff et al. 2015 (www.dredgdikes.eu)

3.4 Berechnungsprogramme:

[4.1]	Berechnungsprogramm GGU-Stability, Version 12.07, 06.12.2017
[4.2]	Berechnungsprogramm GGU-Filter Stability, Version 3.06, 20.11.2017
[4.2]	Berechnungsprogramm GGU-Retain, Version 9.31, 20.12.2017

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

4 Baugrund

Den statischen Berechnungen liegt das Baugrundgutachten des *Ingenieurbüro für Baugrunduntersuchung und Umwelttechnik Rostock* (IBURO) von 2019 [2.2] zugrunde.

Für die hier betrachteten Erdbauwerke und die dafür erforderlichen werden folgende charakteristische Bodenkennwerte angenommen (Tabelle 1, Quelle [2.3], Tabelle 2 mit Annahmen für zusätzliche Baustoffe):

Tabelle 1: Charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen aus [2.3]

Nr.	Kennwert / Eigenschaft	Oberboden / Torf mäßig bis stark zersetzt	Sand SE / SU	Torf im Untergrund	Geschiebemergel
1	Konsistenz I_c / Lagerungsdichte D	steifplastisch	mitteldicht	weichplastisch	halbfest-fest
2	Wichte γ (γ') [kN/m ³]	14-15 (4-5)	18 (9)	13-14 (3-4)	21-22 (11-12)
3	Reibungswinkel φ' [°]	17,5	30 – 32,5	17,5	27,5-32,5
4	Steifemodul E_s [MN/m ²]	1,0–1,5	30-40	0,8-1,2	25-80
5	Kohäsion c' [kN/m ²]	-	-	-	15-25
6	Leitfähigkeit k_f [m/s]	$< 1 \times 10^{-7}$	$< 1-5 \times 10^{-5}$	$< 1 \times 10^{-6}$	$< 5 \times 10^{-8}$
7	Frostgefährdungsklasse	F3	F1	F3	F3
8	Verdichtbarkeit	V3	V1	V3	V2

Tabelle 2: Annahmen für Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen für zusätzliche Baustoffe

Nr.	Kennwert / Eigenschaft	Baggergut, deichbaueeignet	Mineralschottergemisch 0/45	Wasserbausteine
1	Wichte γ (γ') [kN/m ³]	16 (6)	19 (10)	20 (10)
2	Reibungswinkel φ' [°]	30	35	45
3	Steifemodul E_s [MN/m ²]	-	-	-
4	Kohäsion c' [kN/m ²]	5	-	-
5	Undrained Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	50	-	-
6	Leitfähigkeit k_f [m/s]	$< 1 \times 10^{-6}$	$< 1-5 \times 10^{-5}$	$< 5 \times 10^{-5}$
7	Frostgefährdungsklasse	F3	F1	F1
8	Verdichtbarkeit	V3	V1	-

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

5 Materialien

Deich:	Baggergut mit Eignung nach [3.2], Mineralschottergemisch 0/45, Geotextil: Trennvliesstoff GRK 4
Reitweg:	Baggergut mit Eignung nach [3.2], Mineralschottergemisch oder Betonrecycling, geotextiles Bewehrungsgewebe
Mahlbusen SWW:	Kiessand (Böschungprofilierung), geotextiler Filter 600 g/m ² , Steinmatratzen (Netz: PP UV-stabilisiert, Füllung CP 45/125), Holzpfähle, Hartholz D = 0,20 m, L ≈ 1,50 m
Mahlbusen SWO:	Baggergut mit Eignung nach [3.2], Mineralschottergemisch 0/45, geotextiles Bewehrungsgewebe, geotextile Filter (600 g/m ² und 750 g/m ²), Wasserbausteine CP 63/180, Steinmatratzen (Netz: PP UV-stabilisiert, Füllung CP 45/125)

6 Standsicherheitsnachweise

6.1 Berechnungsgrundlagen

6.1.1 Allgemeines

Die Bemessung der hier vorgesehenen Erdbauwerke und Böschungen richtet sich nach den geotechnischen Normen sowie den einschlägigen Regelwerken, wie z.B. das DWA-Regelwerk zu Flussdeichen und Geokunststoffen, und die EBGEO für Geokunststoffbewehrungen.

6.1.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit, Bemessungssituationen und Teilsicherheitsbeiwerte

Relevante Normen: DIN EN 1990 und DIN EN 1991 i.V.m. Eurocode 7 und DIN 1054.

Die Einwirkungen beziehen sich i.W. auf die Eigenlasten, Verkehrslasten und Lasten aus Wasserdruck.

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden für die ständige Bemessungssituation geführt. Temporäre Bemessungssituationen entstehen i.W. während der Bautätigkeit. Da die hier betrachteten Erdbauwerke vergleichsweise niedrig sind und dadurch bei der Herstellung keine Gefahren ausgehen, wird auf die Bemessung von Bauzuständen mit ggf. höheren Verkehrslasten verzichtet. Beeinträchtigungen der Erdbauwerke während der Bauausführung können einfach repariert werden.

Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist lediglich die Setzungsermittlung relevant. Setzungen werden mit charakteristischen Rechengrößen ermittelt.

Für die Einwirkungen und Widerstände gelten die Teilsicherheitsbeiwerte der Tabellen 3 und 4 entsprechend (aus [3.1]).

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

Tabelle 3: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen [3.1]

Einwirkung / Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation	
		BS-P	BS-T
EQU			
Stabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stab}$	0,90	0,90
Destabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,05
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,25
STR, GEO-2			
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,35	1,20
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30
GEO-3			
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20

Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen und Widerstände [3.1]

Widerstand	Formelzeichen	Bemessungssituation	
		BS-P	BS-T
STR, GEO-2			
Erdwiderstand, Grundbruchwiderstand	$\gamma_{R,e} \gamma_{R,v}$	1,40	1,30
Gleitwiderstand	$\gamma_{R,h}$	1,10	1,10
Pfahlwiderstände			
Pfahlwiderstand auf Druck (Erfahrungswerte)	γ_P	1,40	1,40
Pfahlwiderstand auf Zug (Erfahrungswerte)	γ_P	1,50	1,50
GEO-3			
Reibungsbeiwert $\tan\varphi'$ (dränert)	$\gamma_{\varphi u}$	1,25	1,15
Kohäsion c' (dränert), Scherfestigkeit c_u	γ_c, γ_{c_u}	1,30	1,20

6.1.3 Anmerkungen zur Nachweisführung

Deich:

Die Querschnittsgestaltung mit einer maximalen Höhe von < 1,50 m und Böschungsneigungen von 1:3 erfordern keine umfangreichen Standsicherheitsuntersuchungen der Deichböschungen. Beispielhaft wird ein Nachweis für den ungünstigsten Querschnitt (vgl. Regelquerschnitt 1) unter Berücksichtigung eines Unterhaltungsfahrzeugs (Mäher) auf der Deichkrone geführt. Da Mäharbeiten nicht im Hochwasserfall durchgeführt werden und für die

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

Deichsicherheit der landseitig angeordnete Wartungsweg genutzt wird, wird im BS-P ein Wasserspiegel von 0,50 m als bemessungsrelevant angenommen.

Entscheidend ist für die Deichbemessung die Betrachtung der Stabilität gegen Unterströmung im unterlagernden Sandhorizont (Nachweis gegen Erosionsgrundbruch, Typ C nach DWA-M 507). Im Baugrundgutachten wird darauf hingewiesen, dass hierfür ggf. entsprechende Maßnahmen wie z.B. eine Spundwand oder ein wasserseitiger Sporn ergriffen werden müssen. Der Querschnitt wird unter Berücksichtigung der den Sandhorizont bedeckenden Oberbodenschicht mit geringerer hydraulischer Leitfähigkeit so entworfen, dass zusätzliche Dichtungsmaßnahmen nicht erforderlich sind. Eine Unterströmung wird so zugelassen, eine Gefährdung der Standsicherheit dagegen ausgeschlossen. Es wird dafür zusätzlich die Wassermenge abgeschätzt, die durch Unterströmung zusätzlich durch das Schöpfwerk zu bewältigen wäre. Diese Berechnung liegt auf der sicheren Seite, da bei den vorhandenen Sanden durch langjährige Kornverlagerungen aus den feinkörnigen Schichten in die Sandhorizonte von geringeren hydraulischen Leitfähigkeiten auszugehen ist, als die reine Kornverteilungsanalyse erwarten lässt.

Die zusätzliche Wassermenge, die bei Unterströmung des Deiches im Hochwasserfall über den landseitigen Randgraben zum Schöpfwerk abgeleitet werden muss, kann mit der Gleichung

$$Q = k \times i \times A$$

mit Q = Durchfluss [m³/s], k = hydr. Leitf. [m/s], i = hydr. Gefälle [-], A = Fläche [m²]

abgeschätzt werden. Dabei ist jedoch anders als beim Nachweis gegen Erosionsgrundbruch zur Ermittlung des hydr. Gefälles i nicht die Breite des Deichquerschnitts als Fließweg sondern die Länge des regelmäßig durchströmten Grundwasserleiters, d.h. der Abstand von Graben 29 (Körkwitzer Bach) zu Gaben 29/5/1 Ri zu berücksichtigen. Dieser beträgt durchschnittlich ca. $L = 50$ m.

Die Tragfähigkeit sowie die geringe Setzungsneigung des Untergrunds entlang der Deichtrasse ist im Baugrundgutachten bereits ausreichend bewertet.

Reitweg:

Die Erhöhung des Reitwegs um < 1 m erfordert analog zum Deich aus Pos. 1 keine umfangreichen Standsicherheitsuntersuchungen der Böschungen. Die Standsicherheit der Böschungen aus Baggergut ist in Pos. 1 bereits berücksichtigt. Die Erhöhung der Reitwege erfordert eine Verbreiterung der Aufstandsfläche des Wegedamms. Da beidseits der bestehenden befestigten Flächen z.T. gering tragfähige Böden anstehen ist zur Verringerung und Vergleichmäßigung von Setzungen im Bereich der Böschungen an der Dammsohle eine geotextile Bewehrung mit gleichzeitiger Trennfunktion (z.B. Bewehrungsgewebe) einzusetzen.

Es gibt zwei Bereiche mit unterschiedlichen Anforderungen an das System:

1. Bereiche, in denen der Reitweg im Hochwasserfall beidseitig eingestaut wird. In diesem Fall bestehen keine besonderen Anforderungen an die Durchsickerung oder

VERFASSER:	WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE:	Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

Unterströmung. Hier genügt es, die aus Mineralschottergemisch erhöhten Böschungen mit Oberboden (alternativ Baggergut) anzudecken, um eine Begrünung zu ermöglichen.

2. Bereiche, in denen der Reitweg als Deichbauwerks genutzt wird und der erhöhte Wasserstand nur auf einer Seite zu erwarten ist. Hier wird analog zu Pos. 1 verfahren (wasserseitige Andeckung mit Baggergut, > 1 m dick, landseitig Andeckung mit Oberboden (alternativ Baggergut) zu Begrünung. Die Aussagen zur Unterströmung gelten analog zu Pos. 1.

Mahlbusen SWW:

Der Mahlbusen am SWW ist im Bereich des neu herzustellenden Schöpfwerks neu zu gestalten. Die bestehenden Flügelwände und Stützkonstruktionen, die im Einlaufbereich des Schöpfwerks als Sicherung der steilen Böschungen dienen, werden zurückgebaut. Die Böschungssicherung wird in diesem Bereich von der Gewässersohle bis zur Höhe -0,50 m NHN mit Steinmatratzen auf einem geotextilen Filter realisiert. Diese Bauweise ist bei einer Böschungsneigung von ca. 1:3 standsicher auszuführen (insbesondere Sicherheit gegen Abrutschen der Steinmatratzen auf der Böschung). Dazu sind die Böschungen neu zu profilieren.

Im Anschlussbereich an das neue Schöpfwerk ergeben sich platzbedingt steilere Böschungen. Für diese ist die Böschungsstandsicherheit gesondert nachzuweisen. Der Nachweis wird in einem Schnitt mit ca. 3 m Abstand vom SW geführt. Aufgrund der dreidimensionalen Wirkung und der günstigen Krümmung der Böschung werden die steileren Anschlussbereiche an das Schöpfwerk auf dieser Grundlage als standsicher bewertet.

Für die Nachweise der Böschungsstandsicherheit wird angenommen, dass aufgrund der regelmäßigen Durchfeuchtung der Böden im Sandhorizont oberhalb des Wasserspiegels eine scheinbare Kohäsion von mindestens $c' = 1,50 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden kann.

Durch die gegenseitige Verspannung der Steinmatratzen über die Mahlbusensohle sowie die konstruktive Fußsicherung aus Hartholzpählen kann die Böschungssicherung standsicher hergestellt werden.

Folgende Nachweise werden geführt:

- Gesamtstandsicherheit der Regelböschung (unterhalb -0,50 m NHN 1:3, oberhalb 1:2)
- Gesamtstandsicherheit der steilen Böschung am Schöpfwerk
- Sicherheit der Steinmatratzen gegen Abrutschen auf der Böschung

Mahlbusen SWO:

Der Mahlbusen am SWO wird vollständig neu hergestellt. Die gewählten Böschungsneigungen von 1:2,5 (unterhalb 0,00 m NHN) und 1:2 (oberhalb 0,00 m NHN) werden entsprechend nachgewiesen. Der Mahlbusen wird durch Aushub bis auf -2,65 m NHN sowie ein Dammbauwerk zur Einfassung bis 1,25 m NHN hergestellt (Überhöhung 0,10 m zur Berücksichtigung von Setzungen, vgl. [2.2]).

Bei der neu herzustellenden Böschung ist die Sickerströmung aus dem im Profil angeschnittenen Sandhorizont zu berücksichtigen. Als Sicherung gegen das Ausfließen des

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

Sandhorizonts wird der Mahlbussen unterhalb 0,00 m NHN mit einer Steinpackung auf einem geotextilen Filter (Auflastfilter) ausgeleitet. Die Ein- und Auslaufbereiche der in den Mahlbussen mündenden Rohrleitungen werden durch Steinmatratzen (vgl. Mahlbussen SWW) gesichert. Aufgrund der vergleichbaren Böschungsneigung wird für den Nachweis des Abrutschens von Deckwerkssteinen und Steinmatratzen auf die Nachweise in Pos. 2 verwiesen.

Die Setzungen wurden im Baugrundgutachten bereits abgeschätzt [2.2]. Auf eine eigene Berechnung wird aufgrund des im Bereich des Mahlbusses variierenden Schichtmächtigkeiten im Baugrund verzichtet. Es wird von einer erforderlichen Überhöhung von 0,10 m ausgegangen.

Folgende Nachweise werden geführt:

- Gesamtstandsicherheit der Innenböschung (unterhalb +-0,00 m NHN 1:2,5, oberhalb 1:2)
- Gesamtstandsicherheit der Außenböschung (1:3)
- Berechnungen unter Berücksichtigung der Sickerlinie bei Volleinstau der Außenböschung und Absenkung des Innenwasserstands bis auf den Ausschaltpegel.

6.1.4 Lastannahmen

Als Lastannahmen sind i.W. die Eigenlasten der Baumaterialien sowie Verkehrslasten auf den Unterhaltungstrassen zu berücksichtigen. Die Eigenlasten ergeben sich aus den Tabellen 1 und 2. Im Folgenden sind die angenommenen Verkehrslasten zusammengestellt.

$q = 5 \text{ kN/m}^2$ (auf der Deichkrone bei Deichdurchfeuchtung, oberhalb der Böschungen des SWW sowie im Hochwasserfall auf der Krone SWO)

$q = 10 \text{ kN/m}^2$ (auf der Deichkrone bei durchfeuchtetem Deich, BS-T, kein Regelfall)

$q = 16 \text{ kN/m}^2$ (auf dem Reitweg sowie auf den Unterhaltungstrassen, auf der Deichkrone nur bei trockenen Witterungsverhältnissen)

Als relevanter Außenwasserstand wird für alle Dämme und Deiche der Volleinstau bis zur Krone angenommen. Zusätzlich wird für Betrachtungen zu erhöhten Verkehrslasten für Wartungszwecke ein Wasserstand bis ungefähr zur Mitte der Höhe über Gelände angenommen. Die Deichkrone wird im Hochwasserfall (Volleinstau) nicht befahren. Die Deichverteidigung wird über den landseitigen Unterhaltungsweg gewährleistet. Eine Deichmahd wird im HW-Fall nicht durchgeführt.

Im Inneren der Mahlbussen wird als Bemessungswasserstand der Ausschaltpegel angenommen:

SWW: AP = -1,50 m NHN

SWO: AP = -1,30 m NHN

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

6.2 Pos. 1: Deich

6.2.1 Betrachtungen zur Sickerlinie im Deichquerschnitt

Die Sickerlinie im Deichquerschnitt wird durch den am Fuß der Binnenböschung angeordneten Wartungsweg, der analog wie ein Dränprisma wirkt, kontrolliert innerhalb des Querschnitts zum Deichfuß geführt. Auf eine rechnerische Ermittlung der stationären Sickerlinie wird aufgrund des einfachen Querschnitts und der geringen Deichhöhe verzichtet.

6.2.2 Sicherheit gegen Unterströmung (innere Erosion)

Nachweis auf Erosionsgrundbruch Typ C nach DWA-M 507

Bedingung: $i_{\text{vorh,d}} < i_{\text{krit,d}}$

$$i_{\text{krit,tab}} \text{ (Feinsand)} \approx 0,12$$

$$i_{\text{krit,d}} = i_{\text{krit,tab}} / 1,1 = 0,12 / 1,1 = 0,11$$

$$i_{\text{vorh,d}} = \Delta H / \Delta L * \gamma_G$$

$$\Delta H_{\text{max}} = 1,35 \text{ m (maximale Höhe für Regelquerschnitt 1)}$$

Berechnung der erforderlichen Länge der relevanten Stromlinie $L_{\text{erf.}}$:

$$L_{\text{erf.}} > \Delta H / i_{\text{krit,d}} * \gamma_G = 1,35 \text{ m} / 0,11 * 1,35 = 16,65 \text{ m}$$

$$L_{\text{vorh}} = L_{\text{Krone}} + L_{\text{Weg}} + L_{\text{Bösch}} * 2 = (3 + 3 + 3 * 1,35 * 2) \text{ m} = 14,1 \text{ m}$$

Der Deichquerschnitt selbst ist folglich nach DWA-M 507 nicht ausreichend breit, um einen Erosionsgrundbruch durch Unterströmung unter Anwendung der Sicherheitsbeiwerte zu verhindern.

Mit charakteristischen Werten ergäbe sich:

$$L_{\text{erf.}} > \Delta H / i_{\text{krit,Tab}} = 1,35 \text{ m} / 0,12 = 11,25 \text{ m} > L_{\text{vorh}}$$

Im vorliegenden Fall wird der Deich auf dem vorhandenen Oberboden mit mindestens 0,50 m Mächtigkeit aufgebaut. Die Mutterbodenschicht kann als zusätzliche Sicherheit mit angesetzt werden, solange diese nicht zerstört wird. Hier kann zusätzlich zur Breite des Deichquerschnitts der Abstand vom Wartungsweg zum Graben 29/5/1 Ri (> 1,50 m) angesetzt werden. Nach DWA-M 507 ist auch wasserseitig ein Schutzstreifen von 5 m Breite vorzusehen. In diesem Bereich ist nach Fertigstellung des Deiches kein unerlaubter Eingriff in den vorhandenen Untergrund erlaubt.

L_{vorh} =vergrößert sich folglich wie folgt:

$$L_{\text{vorh}} = L_{\text{Krone}} + L_{\text{Weg}} + L_{\text{Bösch}} * 2 + 1,50 \text{ m} + 5 \text{ m} = (14,1 + 6,5) \text{ m} = 20,6 \text{ m} > L_{\text{erf.}}$$

Damit ist der Nachweis erbracht.

Für Regelquerschnitt 2 ergibt sich:

$$\Delta H_{\text{max}} = 0,90 \text{ m (maximale Höhe für Regelquerschnitt 2)}$$

$$L_{\text{erf.}} > \Delta H / i_{\text{krit,d}} * \gamma_G = 0,90 \text{ m} / 0,11 * 1,35 = 11,05 \text{ m}$$

$$L_{\text{vorh}} = L_{\text{Krone}} + L_{\text{Weg}} + L_{\text{Bösch}} * 2 = (3 + 3 + 3 * 0,90 * 2) \text{ m} = 11,4 \text{ m} > L_{\text{erf.}}$$

Der Nachweis ist hier auch ohne den Ansatz der Mutterbodenschicht erbracht.

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

Für Regelquerschnitt 3 ist dieser Nachweis aufgrund der geringen Höhe nicht relevant.

Die zusätzliche Abflussmenge bei Unterströmung wird überschläglich geschätzt zu:

$$Q = k \times i \times A = 1,725 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1,725 \text{ l/s}$$

$$\text{mit } k = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}; i = \Delta H / \Delta L = 1,50 \text{ m} / 50 \text{ m} = 0,03;$$

$$A = \text{Höhe GW-Leiter (Sandschicht)} \times \text{Länge Deich} = 2 \text{ m} \times 1150 \text{ m}$$

Für die Auslegung des Schöpfwerks West mit einer erforderlichen Leistung von 480 l/s ist dies von untergeordneter Bedeutung.

6.2.3 Standsicherheit der Böschungen

Die Standsicherheit der Böschungen wird überschläglich nach dem Verfahren nach Janbu/Schultze abgeschätzt.

Böschungsneigungen 1:n = 1:3.

$$\gamma_{\text{Baggergut}} = 16 \text{ kN/m}^3$$

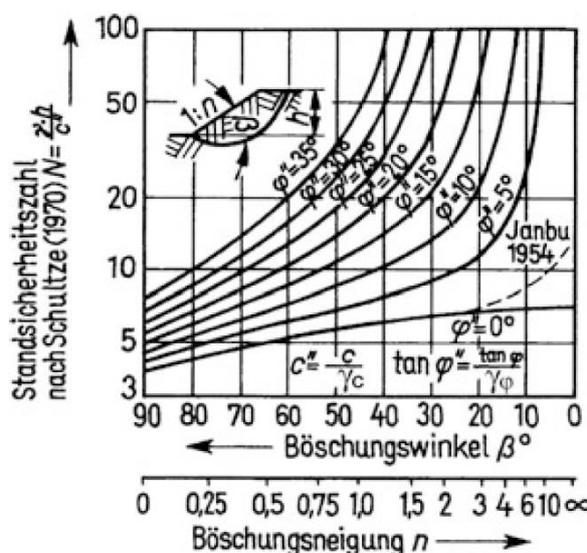
$$h_{\text{max}} = 1,50 \text{ m}$$

$$c'' = c / \gamma_c = 5 \text{ kN/m}^2 / 1,30 = 3,85 \text{ kN/m}^2$$

$$N = (g \times h) / c'' = (16 \times 1,50) / 3,85 = 6,23$$

$$\tan \varphi'' = \tan \varphi / \gamma_\varphi = \tan(30^\circ) / 1,25 = 0,46$$

$$\text{daraus folgt: } \varphi'' = 25^\circ$$



Der maximal mögliche Böschungswinkel liegt hierbei ohne Belastungen nahe 90°, d.h. es gilt $n_{\text{erf.}} > 0$ bei $n_{\text{vorh}} = 3$. Dies deckt sich mit den Erfahrungen mit dem kohäsiven Baggergut, dass das verdichtete Material senkrecht abgegraben standsicher ist.

Aufgrund der gewünschten Befahrbarkeit der Deichkrone mit leichten Mähfahrzeugen (bis 5 kN/m²) und der erforderlichen Berücksichtigung einer Durchfeuchtung (Sickerlinie) wird zusätzlich eine Berechnung der Gesamtstandsicherheit (GGU Stability) mit Auflast für Regelquerschnitt 1 durchgeführt. Die Sickerlinie wird in diesem Fall abgeschätzt. Grundlage dafür ist die Annahme des Zustands kurz nach Abklingen eines Hochwassers (wasserseitig Absink, Deichkern noch z.T. durchfeuchtet). Für versehentlich höhere Verkehrslasten wird im BS-T ein Ansatz mit $q = 10 \text{ kN/m}^2$ bemessen. Bei trockenen Witterungsverhältnissen kann auch mit größerem Gerät auf der Krone gefahren werden ($q_{\text{max}} = 16 \text{ kN/m}^2$).

Ergebnisse:

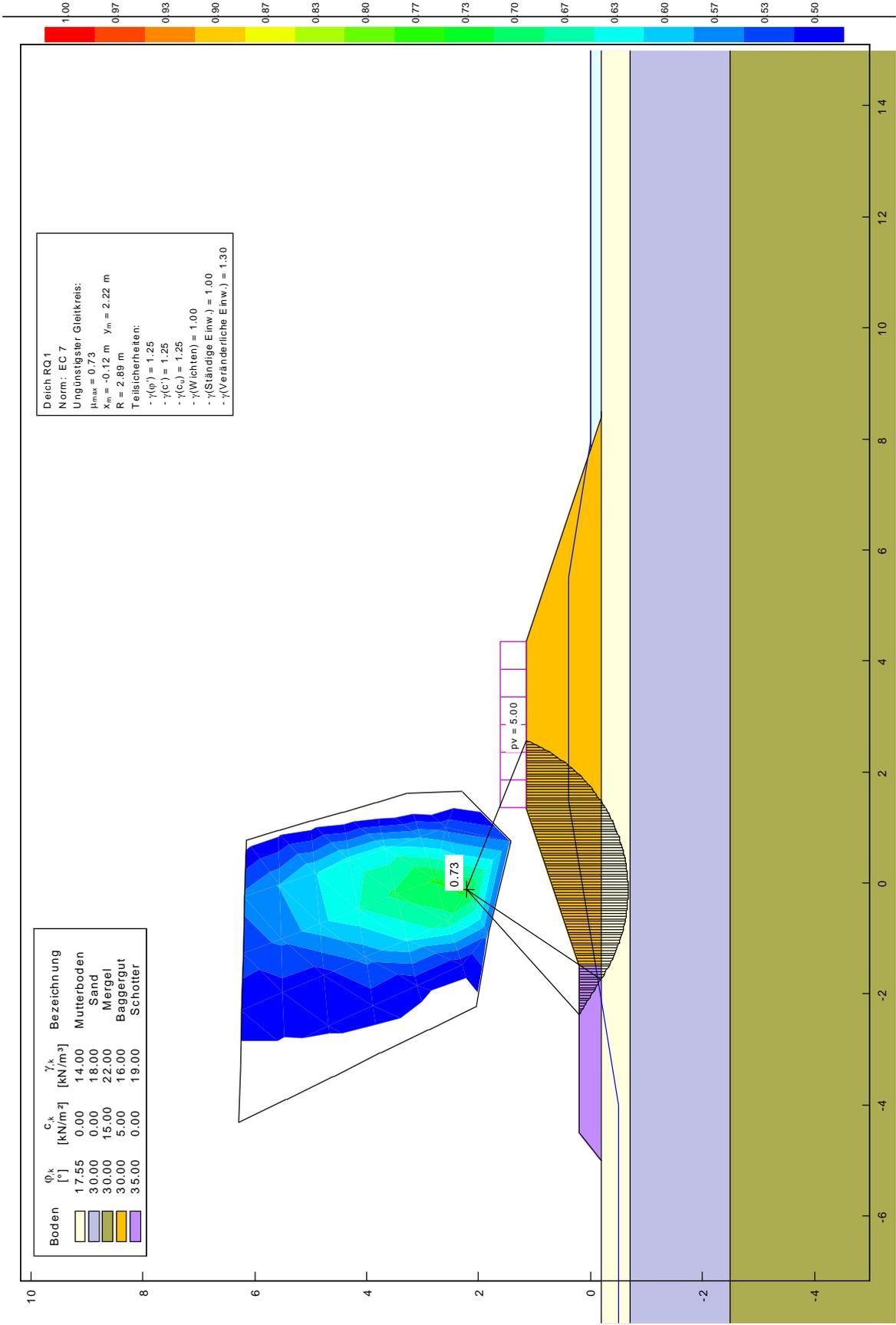
$$\text{Gesamtstandsicherheit Binnenböschung, BS-P, } q_{\text{Krone}} = 5 \text{ kN/m}^2: \quad \mu = 0,73 < 1$$

$$\text{Gesamtstandsicherheit Außenböschung, BS-P, } q_{\text{Krone}} = 5 \text{ kN/m}^2: \quad \mu = 0,96 < 1$$

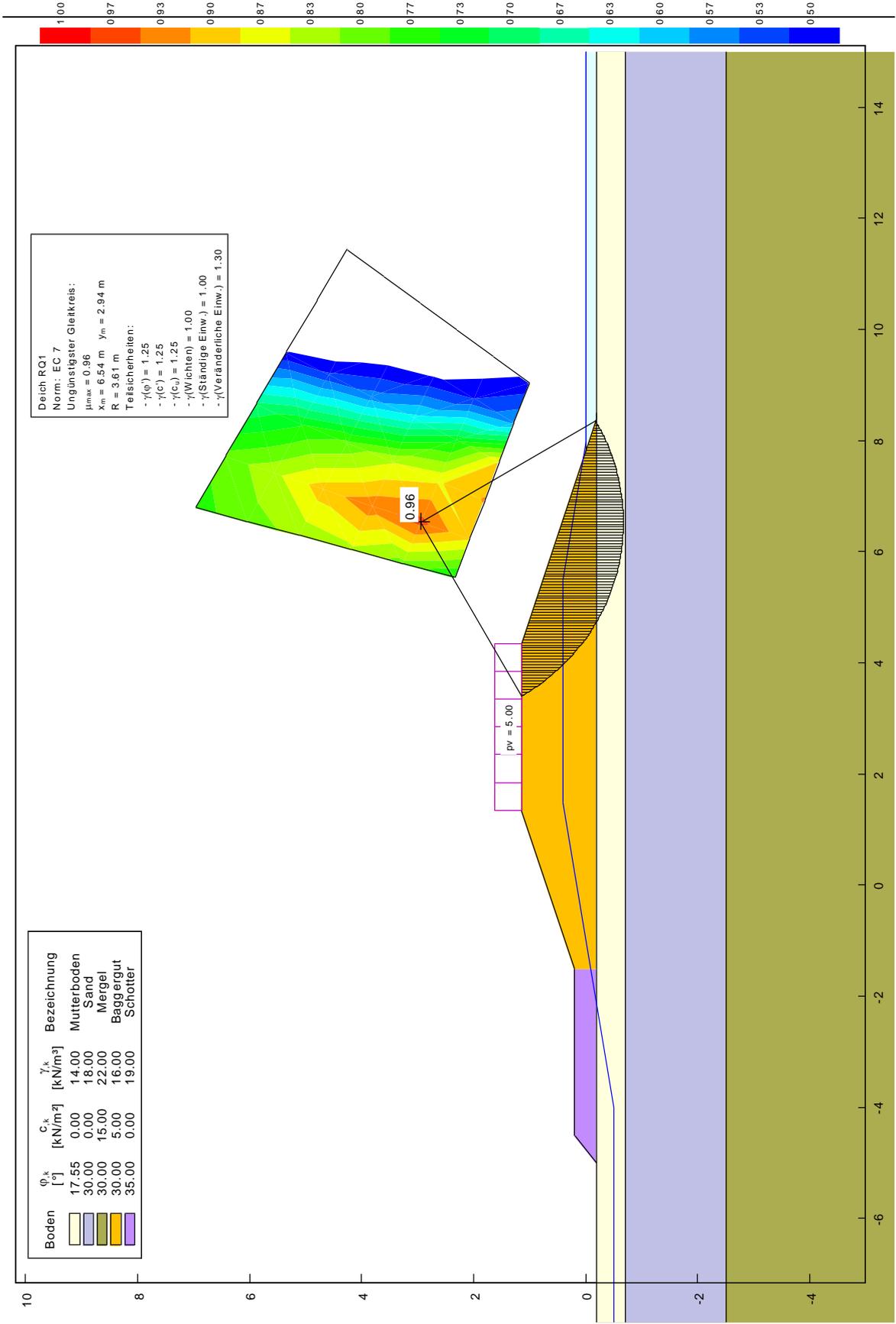
$$\text{Gesamtstandsicherheit Außenböschung, BS-T, } q_{\text{Krone}} = 10 \text{ kN/m}^2: \quad \mu = 0,96 < 1$$

$$\text{Gesamtstandsicherheit Außenb. (trocken), BS-P, } q_{\text{Krone}} = 16 \text{ kN/m}^2: \quad \mu = 0,95 < 1$$

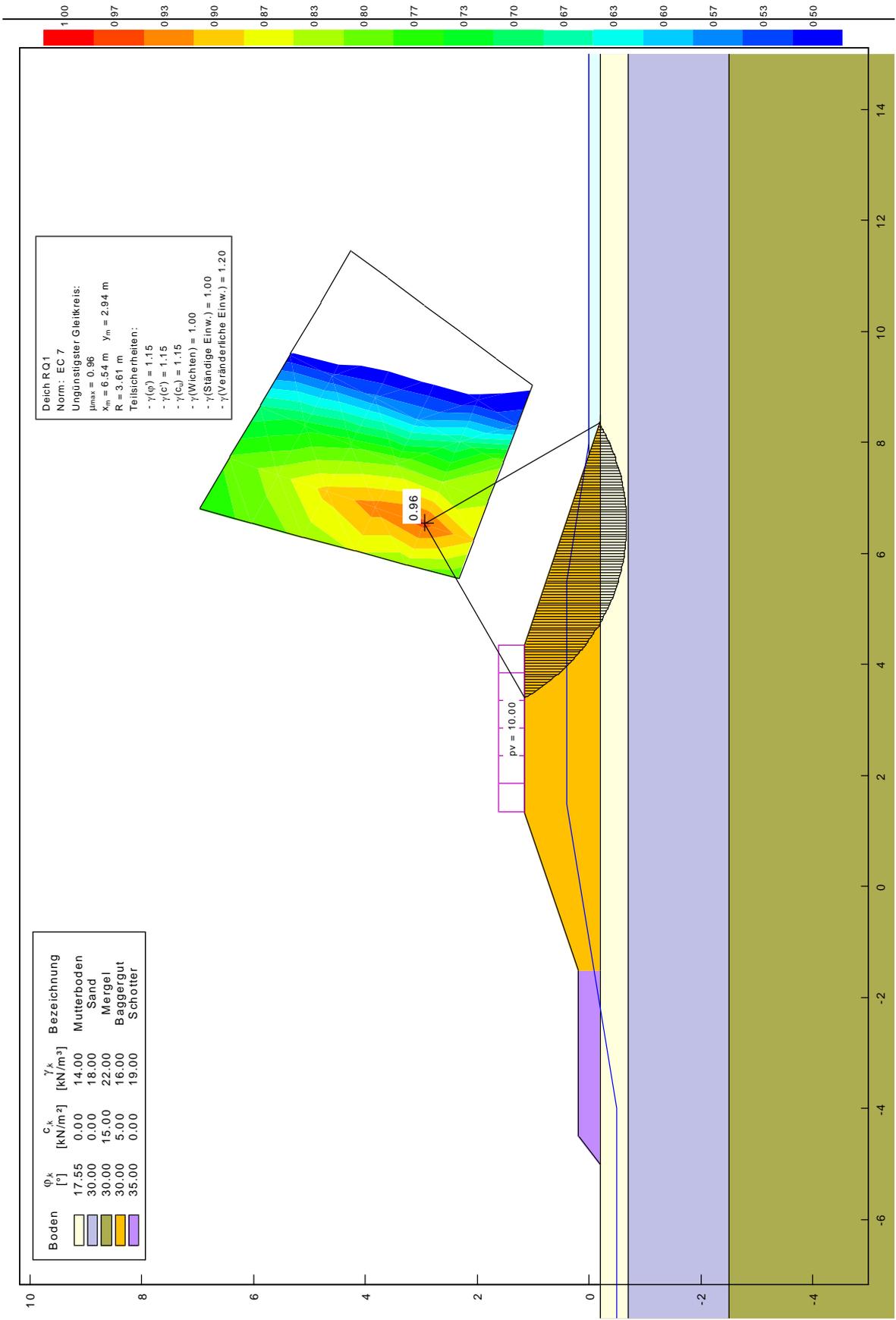
Deich RQ1, Gesamtstandsicherheit Binnenböschung, BS-P, $q = 5 \text{ kN/m}^2$ - standsicher



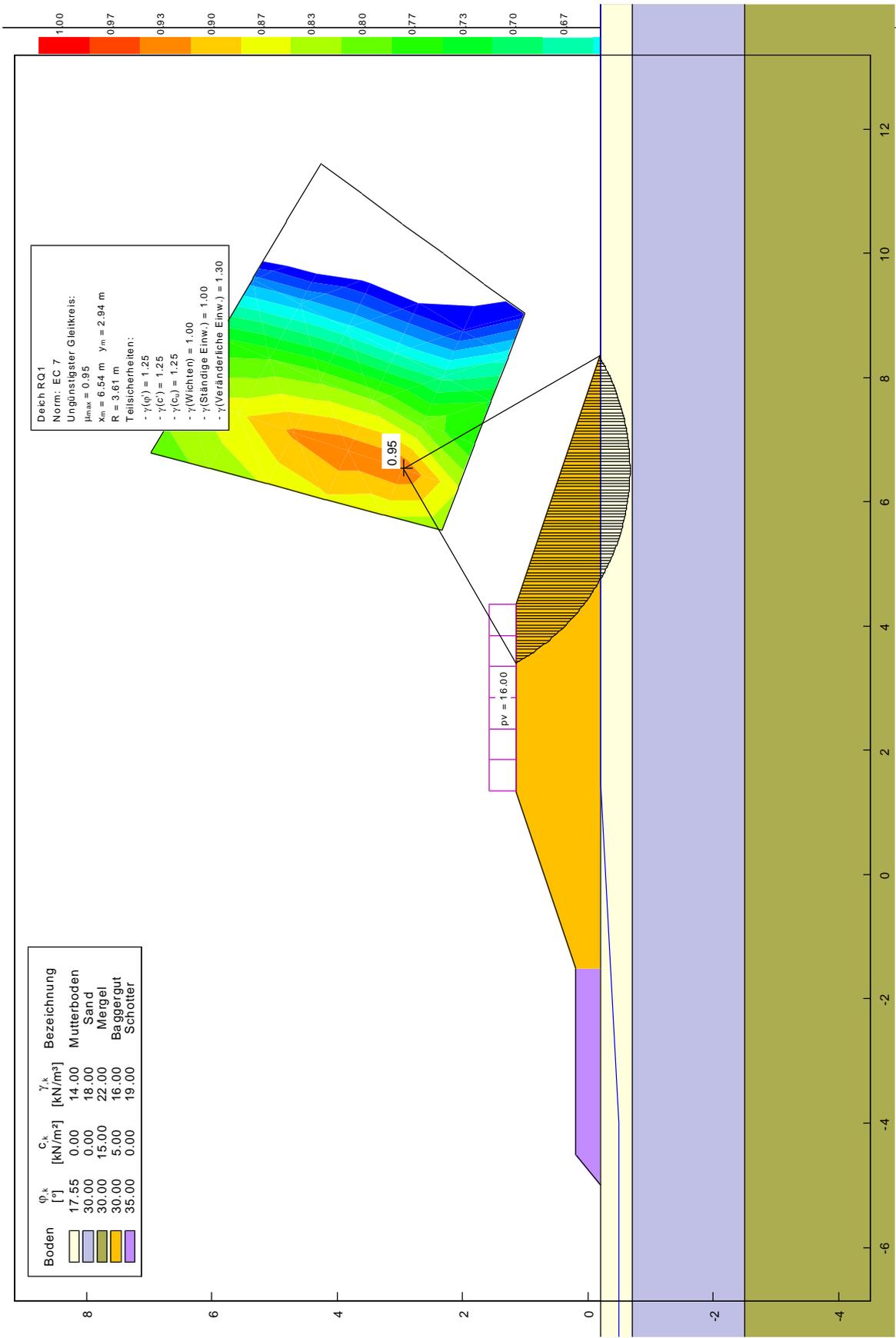
Deich RQ1, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, BS-P, $q = 5 \text{ kN/m}^2$ - standsicher



Deich RQ1, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, BS-T, $q = 10 \text{ kN/m}^2$ - standsicher



Deich RQ1, Gesamtstandsicherheit Außenb. trocken, BS-P, $q = 16 \text{ kN/m}^2$ - standsicher



VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

6.3 Pos. 2: Mahlbusen Schöpfwerk West (SWW)

6.3.1 Gesamtstandsicherheit der Böschungen

Die Gesamtstandsicherheit der Böschungen wurde mit GGU Stability berechnet.

Maßgeblich ist die ständige Bemessungssituation BS-P. Temporäre und außergewöhnliche Bemessungssituationen werden nicht berücksichtigt.

Folgende Nachweise wurden geführt:

1. Gesamtstandsicherheit Innenböschung, steiler Abschnitt im Bereich des Schöpfwerks (Neigung ca. 1:1,3), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante
2. Lokale Standsicherheit Innenböschung, steiler Abschnitt im Bereich des Schöpfwerks (Neigung ca. 1:1,3), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante
3. Gesamtstandsicherheit Innenböschung, ca. 3 m Abstand zum Schöpfwerk (Neigung ca. 1:1,9), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante
4. Lokale Standsicherheit Innenböschung, ca. 3 m Abstand zum Schöpfwerk (Neigung ca. 1:1,9), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante
5. Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Regelböschung (Neigung ca. 1:3), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante

Für die fünf Nachweise ergeben sich folgende Ausnutzungsgrade:

1. $\mu = 1,2$ (rechnerisch nicht standsicher)
2. $\mu = 1,17$ (rechnerisch nicht standsicher)
3. $\mu = 0,89$ (standsicher)
4. $\mu = 0,97$ (standsicher)
5. $\mu = 0,68$ (nicht standsicher)

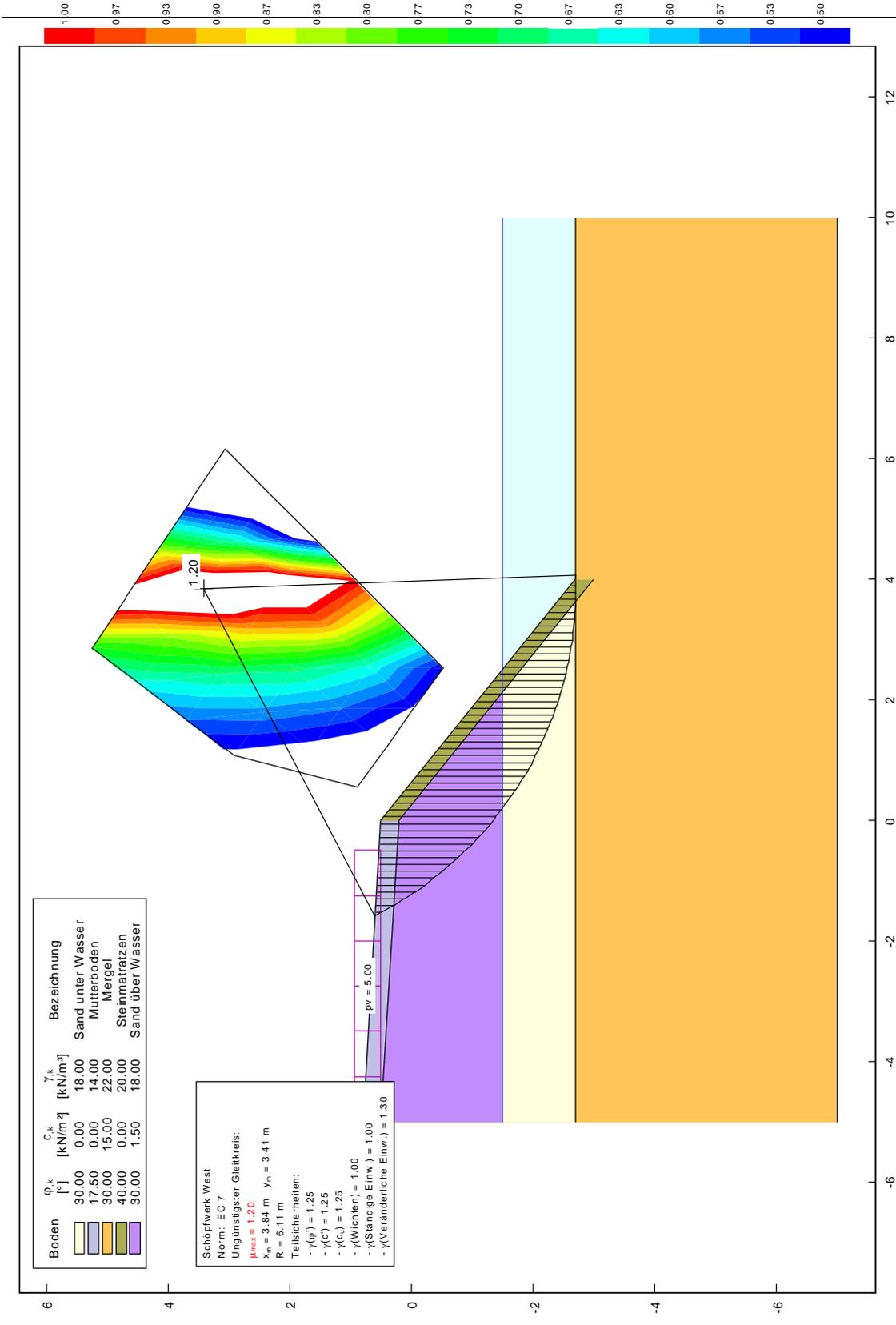
Für die Nachweise 1 und 2 ist zu berücksichtigen, dass die zweidimensionale Berechnung bei der vorliegenden gekrümmten Böschung und im Anschlussbereich an das Bauwerk aufgrund der eigentlich vorhandenen positiv wirkenden dreidimensionalen Effekte die Ausnutzung der Teilsicherheiten deutlich überschätzt (Berechnung auf der sicheren Seite). Da dieser Abschnitt nur sehr schmal ist, wird aufgrund der geringen Überschreitung des Ausnutzungsgrades von einer insgesamt standsicheren Böschung ausgegangen. Die Herstellung einer noch steileren Böschung in diesem Bereich ist nicht zu empfehlen.

Stattdessen kann es sinnvoll sein, auf beiden Seiten des Schöpfwerkes noch Seitenflügel aus Stahlbeton (z.B. Winkelstützelemente) anzuordnen, um den Übergang zur Böschung besser zu gestalten. Dies ist im Zusammenhang mit der Tragwerkplanung des Schöpfwerkes zu berücksichtigen.

Die folgenden Seiten enthalten die Berechnungsergebnisse aus GGU Stability.

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

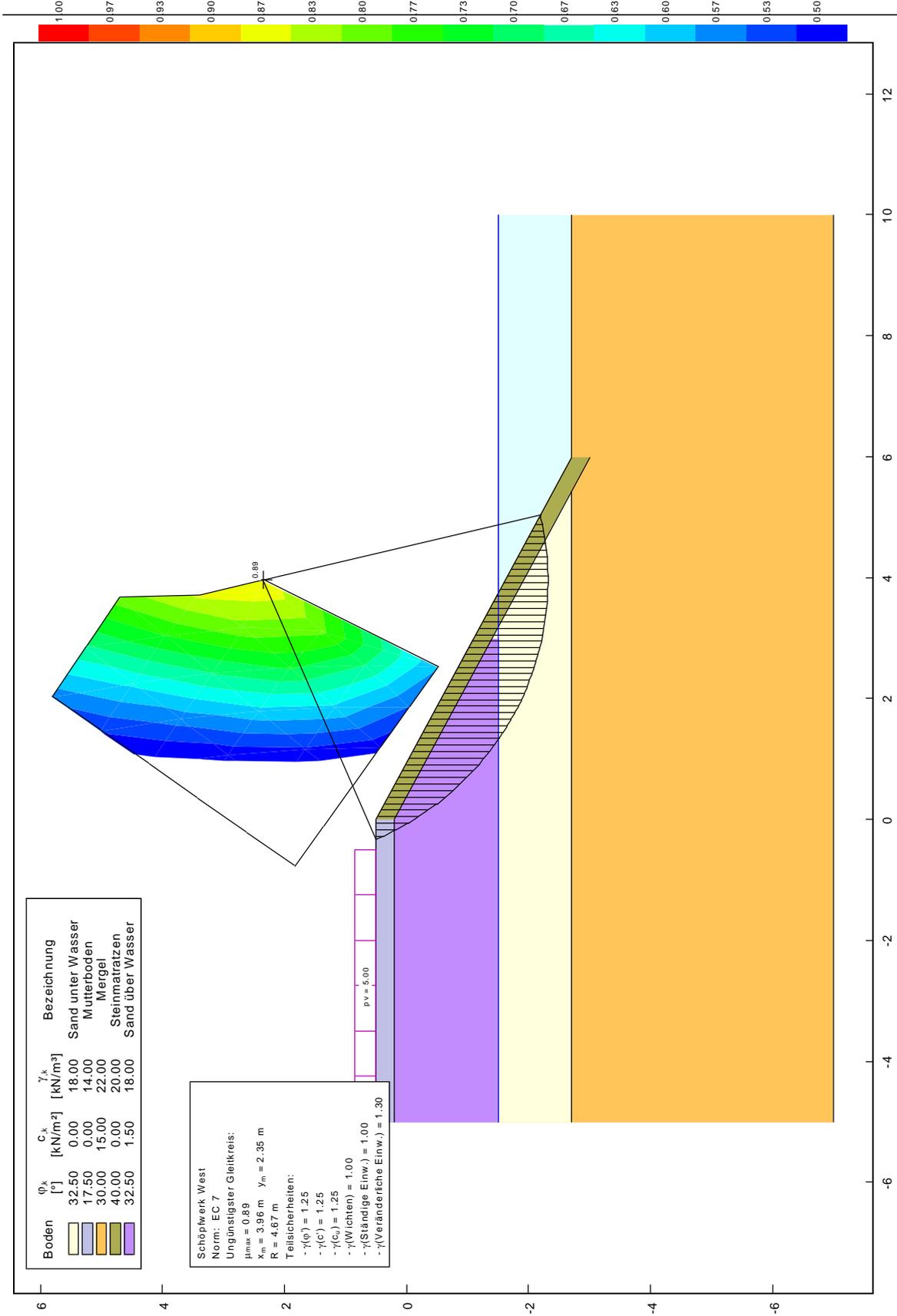
SWW, Gesamtstandsicherheit Innenböschung, steiler Abschnitt im Bereich des Schöpfwerks (Neigung ca. 1:1,3), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante - rechnerisch nicht standsicher



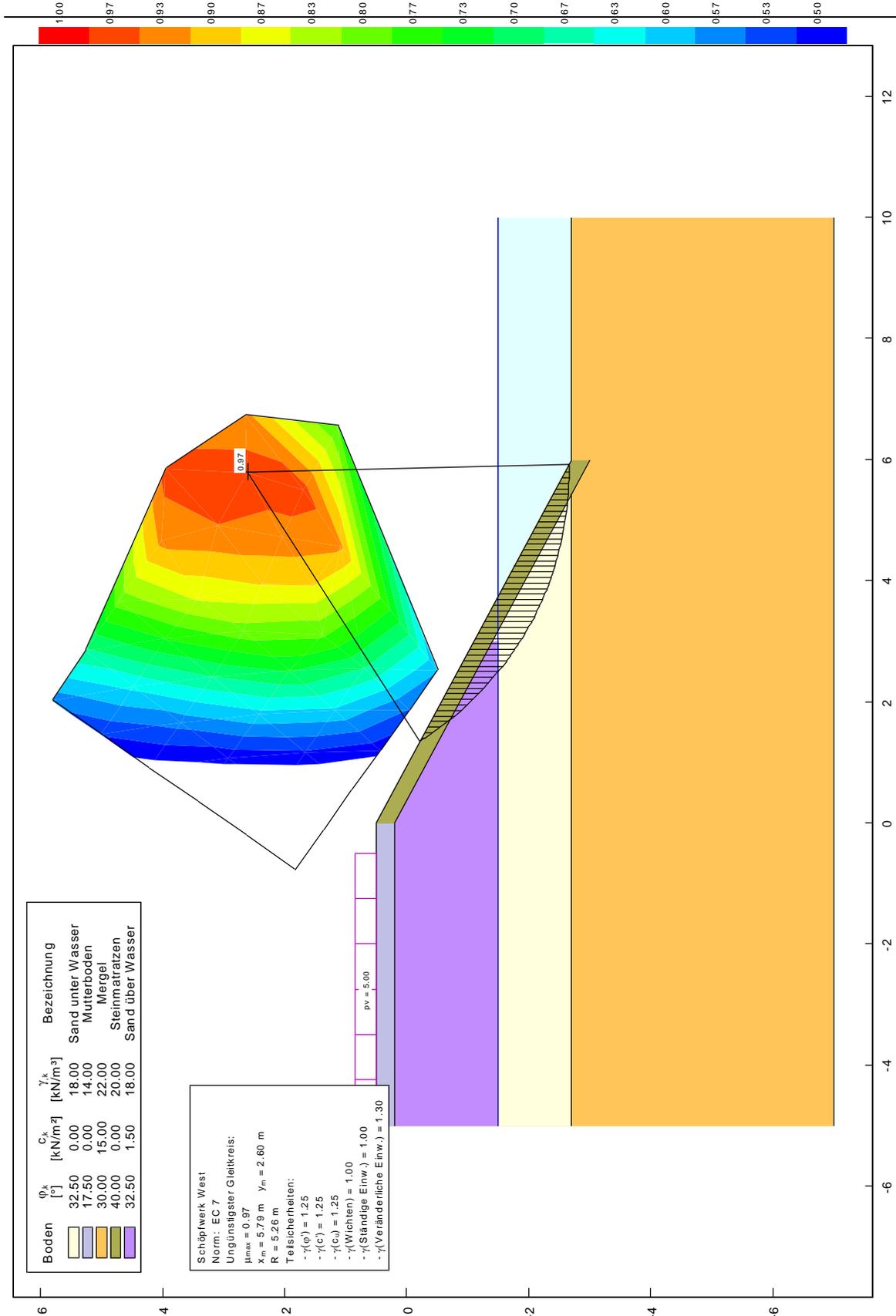
SWW, lokale Standsicherheit Innenböschung, steiler Abschnitt im Bereich des Schöpfwerks (Neigung ca. 1:1,3), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante – rechnerisch nicht standsicher



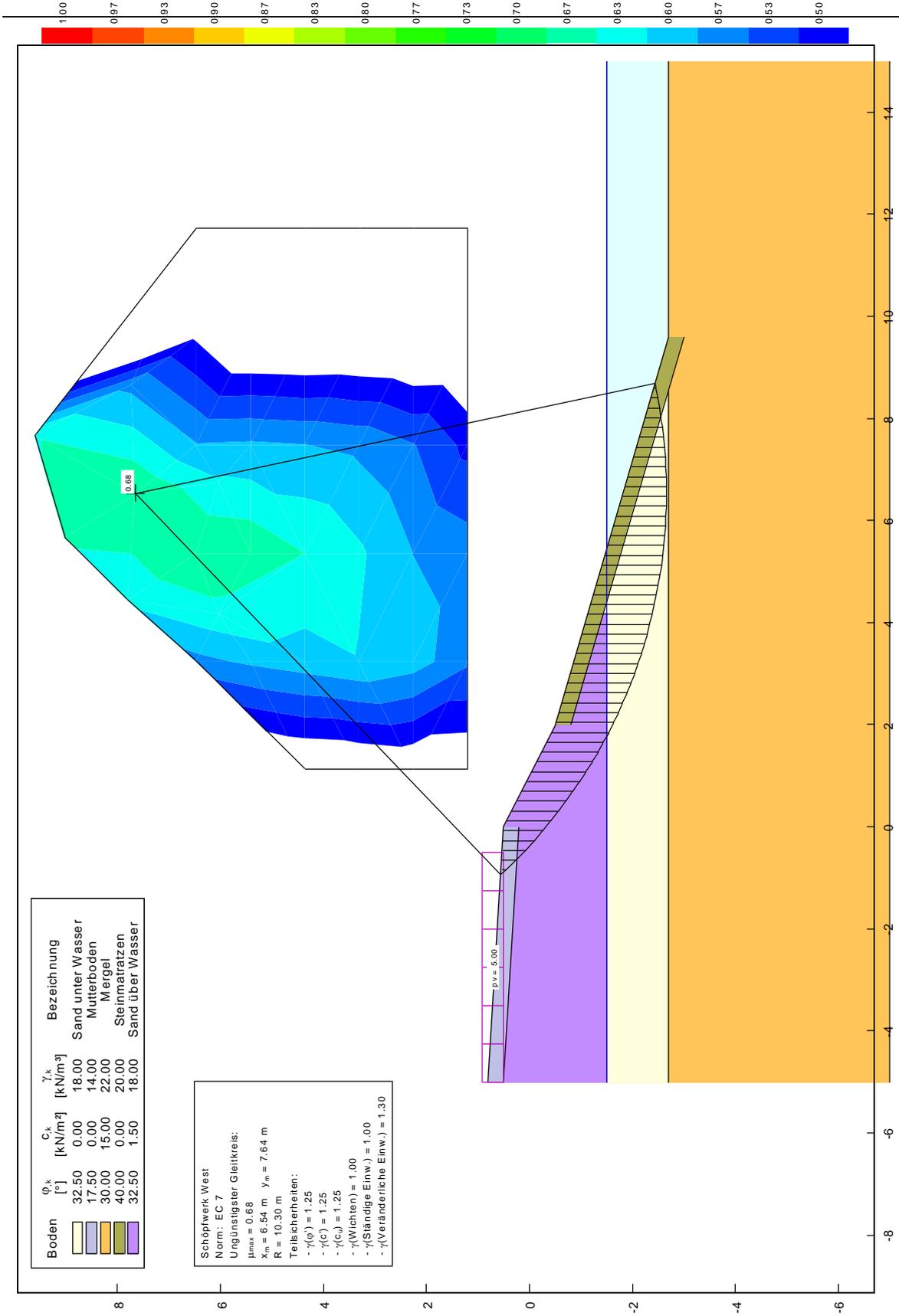
SWW, Gesamtstandsicherheit Innenböschung, ca. 3 m Abstand zum Schöpfwerk (Neigung ca. 1:1,9), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante - standsicher



SWW, Lokale Standsicherheit Innenböschung, ca. 3 m Abstand zum Schöpfwerk (Neigung ca. 1:1,9), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante - standsicher



SWW, Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Regelböschung (Neigung ca. 1:3), $q = 5 \text{ kN/m}^2$ mit 0,50 m Abstand zur Böschungskante - standsicher



VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

6.3.2 Sicherheit der Steinmatratzen gegen Abrutschen auf der Böschung

Zur Berechnung der Sicherheit gegen Abrutschen der Steinmatratzen auf der Böschung wird auf der sicheren Seite ein reduzierter Reibungswinkel von 22,5° zur Berücksichtigung der Grenzflächen der neu profilierten Unterwasserböschung, dem geotextilen Filter und der Steinmatratzen angesetzt. Die Bemessung wird für BS-P mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten durchgeführt.

Es werden zwei Varianten bemessen:

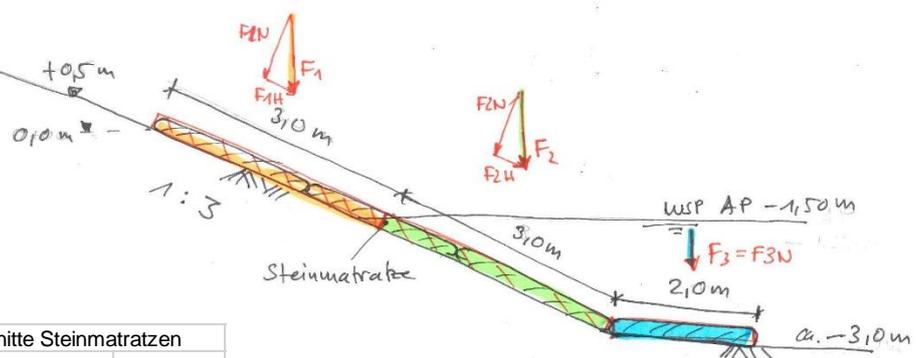
1. Böschungsneigung 1 : 3 mit Fußvorlage aus einer weiteren Steinmatratze (4 Stk. Steinmatratzen in Falllinie)

Steinmatratzen und Boden	
Dicke d_{SM} [m]	0,3
γ_{SM} [kN/m ³]	18
γ'_{SM} [kN/m ³]	9
ϕ_i [°]	22,5
ϕ_i' [-]	0,3926991
$\tan(\phi_i')$	0,4142136

Böschungswinkel 1 : n	
n	3
$\tan(\alpha)$	0,3333333
α [-]	0,3217506
α [°]	18,43

TSB	BS-P
$\gamma_{R,h}$	1,1
γ_G	1,35

Abschnitte Steinmatratzen	
	Länge [m]
L1 oberhalb WSp	3
L2 unterhalb WSp	3
L3 Sohle	2



Ermittlung der Kräfte:

$$F_i = d_{SM} \cdot \gamma_{SM} \cdot L_i$$

Kräfte	kN/m	Normalkomp.		Hangabtreibende Komp.		Reibungskräfte $FR = FN \cdot \tan(\alpha)$			
		kN/m	kN/m	k	d	k	d		
F1	16,2	F1N	15,37	F1H	5,12	6,92	FR1	6,37	5,79
F2	8,1	F2N	7,68	F2H	2,56	3,46	FR2	3,18	2,89
F3	5,4	F3N	5,4	F3H	0	0	FR3	2,24	2,03

Resultierende Bemessungskräfte:

$\Delta F_{i,d} = F_{iH,d} - FR_{i,d}$; hangabtreibende in horizontale Komp. umrechnen, $Res_{H,d}$ an der Sohle

	kN/m		
$\Delta F_{1,d} + F_{2,d}$	1,69	(bzgl. α)	
Umrechnen der Resultierenden aus F1 und F2 in horizontale Komponente			
	kN/m		
$\Delta H_{(F1+F2),d}$	1,61		
horizontale Gesamtergebnisse an der Sohle, Aufnahme durch Holzpfahlreihe			
	kN/m		
$Res_{H,d}$	-0,43	= $\Delta H_{(F1+F2),d} - FR3$	

Horizontale Gesamtergebnisse $Res_{H,d} < 0$: Die Sicherheit gegen Abrutschen ist gegeben.

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

2. Böschungsneigung 1 : 2 mit erforderlicher Fußsicherung durch eine Holzpfähreihe (3 Stk. Steinmatratzen in Fallinie)

Böschungswinkel 1 : n		Abschnitte Steinmatratzen	
n	2	Länge [m]	
tan(α)	0,5	L1 oberhalb WSp	3
α [-]	0,46365	L2 unterhalb WSp	2,5
α [°]	26,57	L3 Sohle	0,5
TSB	BS-P		
$\gamma_{R,h}$	1,1		
γ_G	1,35		

Ermittlung der Kräfte:

$$F_i = d_{SM} * \gamma_{SM} * L_i$$

Kräfte	kN/m	Normalkomp.		Hangabtreibende Komp.		Reibungskräfte FR = FN * tan(α)			
		kN/m	kN/m	k	d	k	d		
F1	16,2	F1N	14,49	F1H	7,24	9,78	FR1	6,00	5,46
F2	6,75	F2N	6,04	F2H	3,02	4,08	FR2	2,50	2,27
F3	1,35	F3N	1,35	F3H	0	0	FR3	0,56	0,51

Resultierende Bemessungskräfte:

$\Delta F_{i,d} = F_{iH,d} - F_{iR,d}$; hangabtreibende in horizontale Komp. umrechnen, Res_{H,d} an der Sohle

$\Delta F_{1,d} + F_{2,d}$	kN/m				
	6,13	(bzgl. α)			
Umrechnen der Resultierenden aus F1 und F2 in horizontale Komponente					
$\Delta H_{(F1+F2),d}$	kN/m				
	5,48				
horizontale Gesamtergebnis an der Sohle, Aufnahme durch Holzpfähreihe					
Res _{H,d}	kN/m				
	4,97	= $\Delta H_{(F1+F2),d} - FR3$			

Horizontale Gesamtergebnis Res_{H,d} > 0: Die Sicherheit gegen Abrutschen ist ohne weiteren Schutz nicht gegeben. Eine Fußvorlage durch eine weitere Steinmatratze führt mit diesem Berechnungsansatz zu Res_{H,d} = 2,94 kN/m > 0 und ist daher nicht zielführend.

Res_{H,d} = 4,97 kN/m kann als Bemessungseinwirkung E_{h,d} für die Bemessung der Holzpfähreihe angesetzt werden. Die Bemessung der Holzpfähreihe ist in der Ausführungsplanung entsprechend zu ergänzen. Für die Entwurfsplanung wird zunächst ohne Nachweis angenommen, dass Holzpfähle (Hartholz) mit Durchmesser 0,20 m und einer Einbindelänge in den an der Gewässersohle anstehenden Geschiebemergel von ca. 1,0 m ausreichend dimensioniert sind.

VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Körkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

6.4 Pos. 3: Mahlbusen Schöpfwerk Ost (SWO)

6.4.1 Gesamtstandsicherheit der Böschungen

Die Gesamtstandsicherheit wird in GGU Stability berechnet.

Folgende Nachweise werden geführt:

1. Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Dammkern/Baustraße auf OK Gelände ohne Verbindung zur Schüttsteinsicherung (keine Dammkerndränung), System mit Volleinstau bis zur Dammkrone, ohne Verkehrslast (Prüfung einer erforderlichen Dränung).
2. Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG mit Verbindung zur Schüttsteinsicherung (mit Deichkerndränung), Volleinstau bis zur Dammkrone, Verkehrslast 5 kN/m².
3. Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG mit Verbindung zur Schüttsteinsicherung, Teileinstau, Verkehrslast 16 kN/m² (Prüfung der Befahrbarkeit mit erhöhter Verkehrslast bei niedrigeren Außenwasserständen)
4. Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 16 kN/m², Dammkörper aus Baggergut unbewehrt
5. SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 5 kN/m², Dammkörper aus Baggergut unbewehrt
6. SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 16 kN/m², Basisbewehrung unter Dammkörper aus Baggergut (erforderliche Erhöhung der Standsicherheit auf dem vorhandenen weichen Untergrund)
7. SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 16 kN/m², Verdichtung des Untergrunds (Berücksichtigung trockener Verhältnisse bei der Herstellung, dadurch ggf. Verzicht auf die Bewehrung möglich)

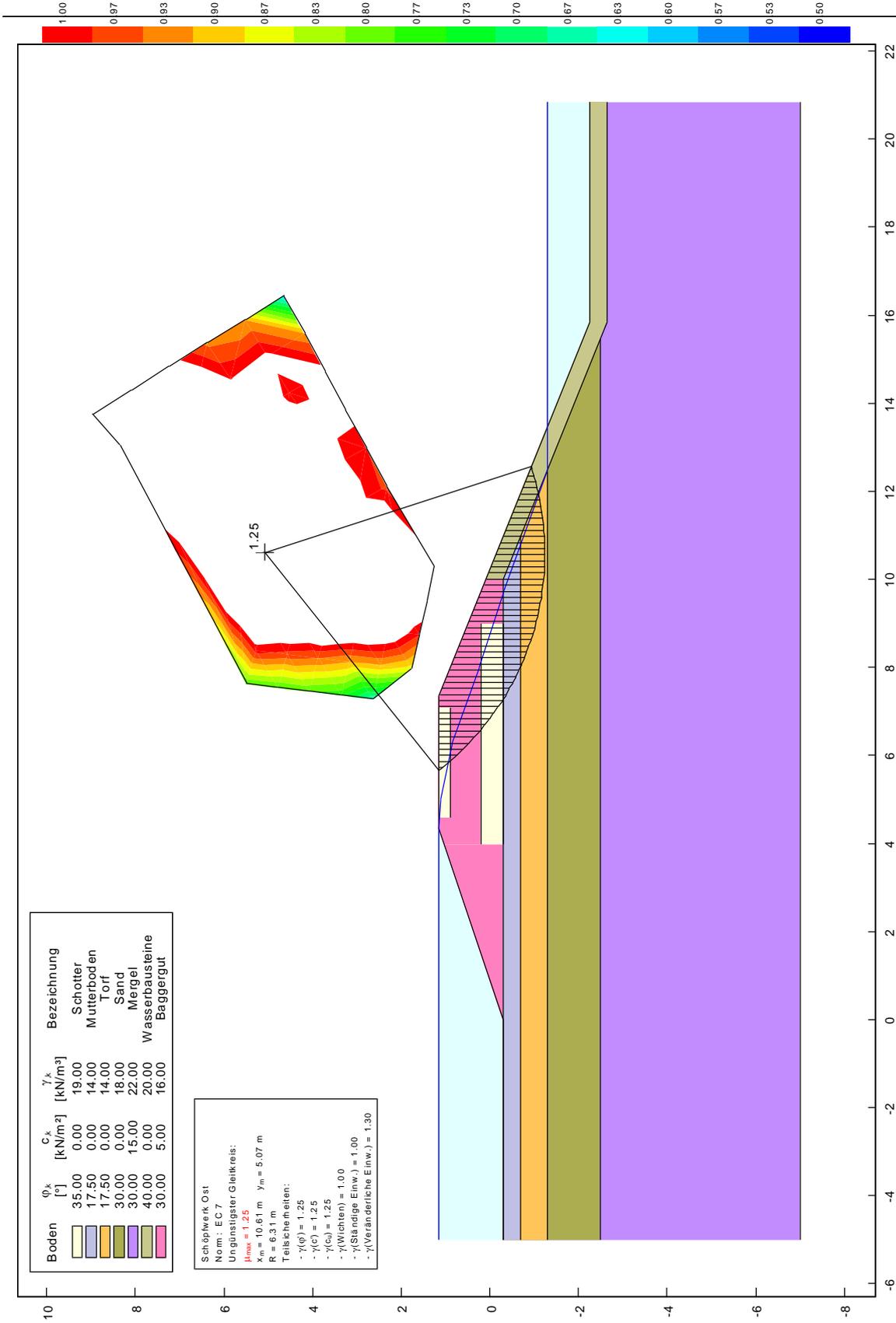
Für die sieben Nachweise ergeben sich folgende Ausnutzungsgrade:

1. $\mu = 1,25$ (nicht standsicher)
2. $\mu = 0,88$ (standsicher)
3. $\mu = 0,81$ (standsicher)
4. $\mu = 1,16$ (nicht standsicher)
5. $\mu = 1,06$ (nicht standsicher)
6. $\mu = 0,92$ (standsicher)
7. $\mu = 0,89$ (standsicher)

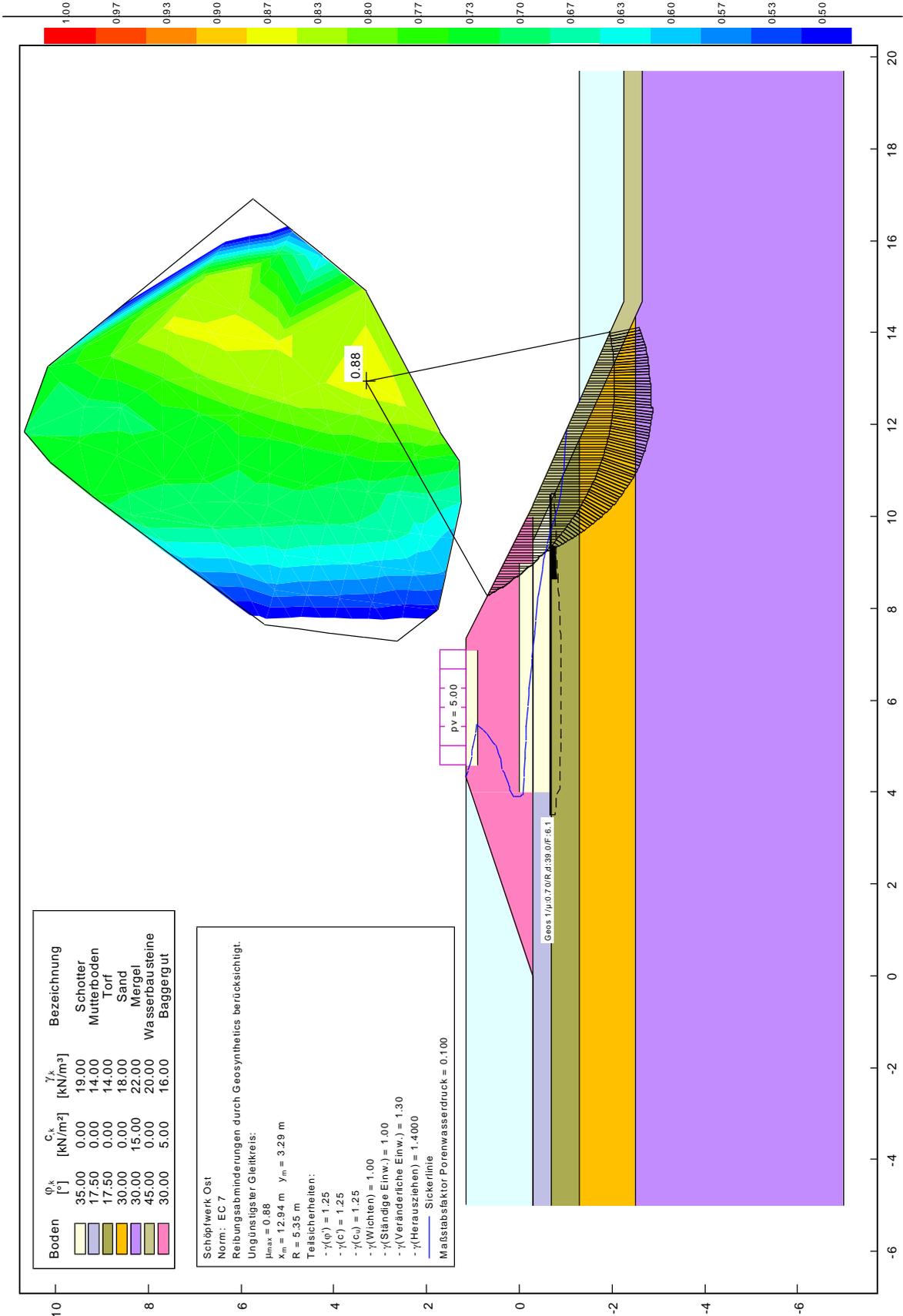
Daraus folgt, dass eine Kerndränung mit Anschluss der verlorenen Baustraße an das Schüttsteindeckwerk auf der Innenseite, die Bewehrung der Baustraße mit einem Bewehrungsgewebe sowie der Aufbau des Baggerguts an der Außenböschung auf einer geotextilen Bewehrungslage vorgesehen werden muss (Ausnahme: Fall 7 bei trockenen Verhältnissen und möglicher Verdichtung der oberen Bodenschicht).

Die folgenden Seiten enthalten die Berechnungsergebnisse aus GGU Stability.

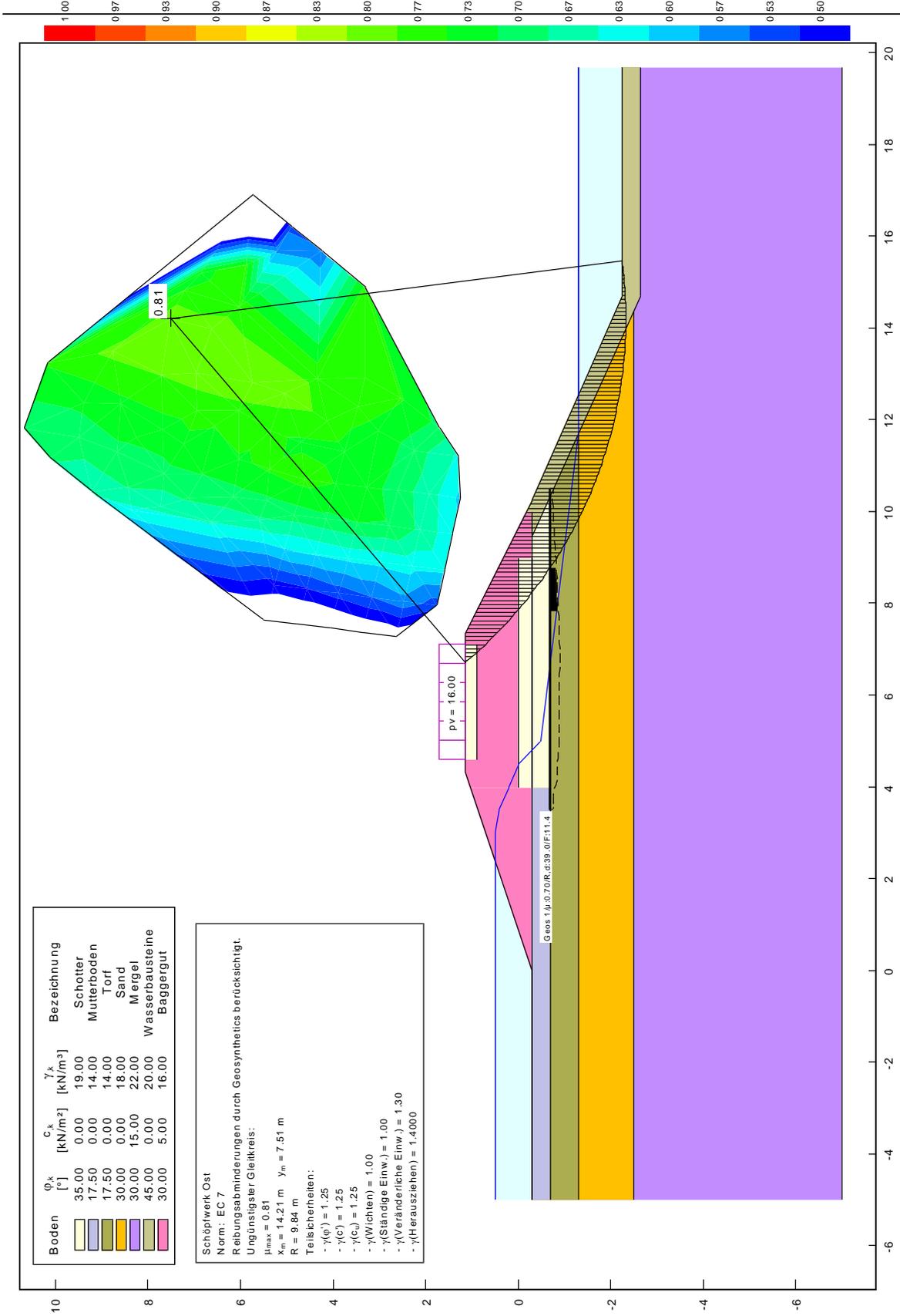
SWO, Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Dammkern/Baustraße auf OK Gelände **ohne** Verbindung zur Schüttsteinsicherung, ohne Verkehrslast – nicht standsicher



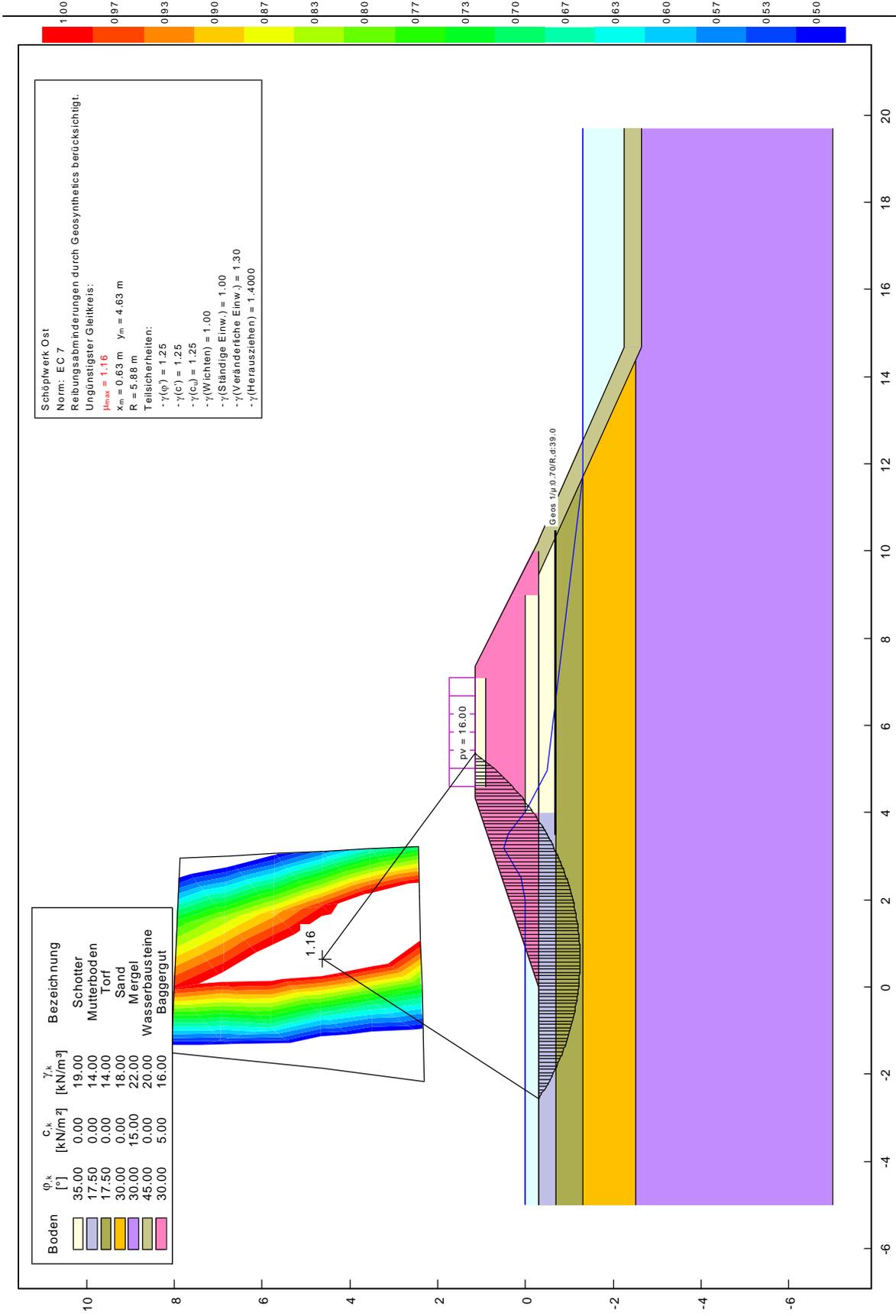
SWO, Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG mit Verbindung zur Schüttsteinsicherung, Volleinstau, Verkehrslast 5 kN/m² - standsicher



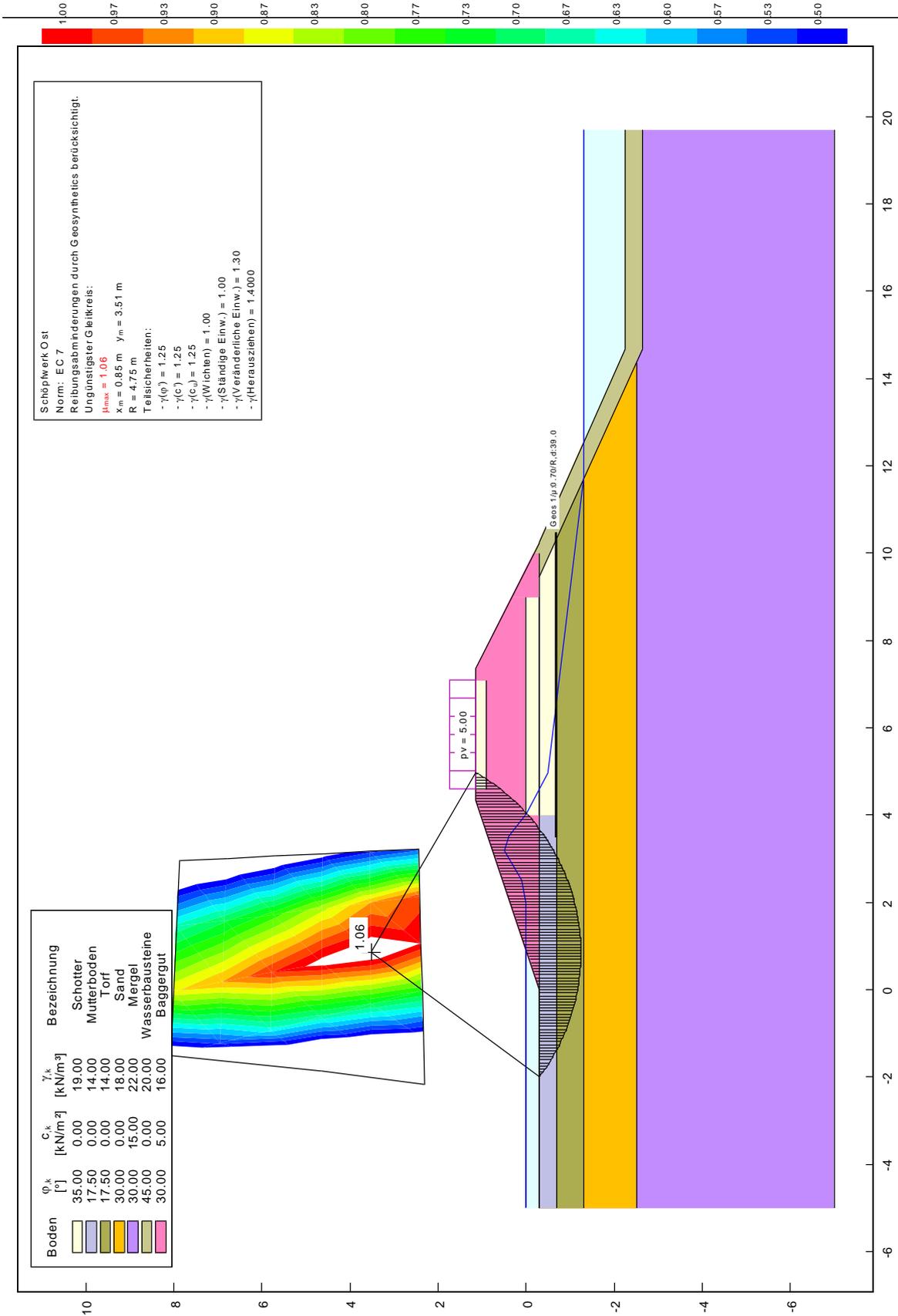
SWO, Gesamtstandsicherheit Innenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG mit Verbindung zur Schüttsteinsicherung, Teileinstau, Verkehrslast 16 kN/m² - standsicher



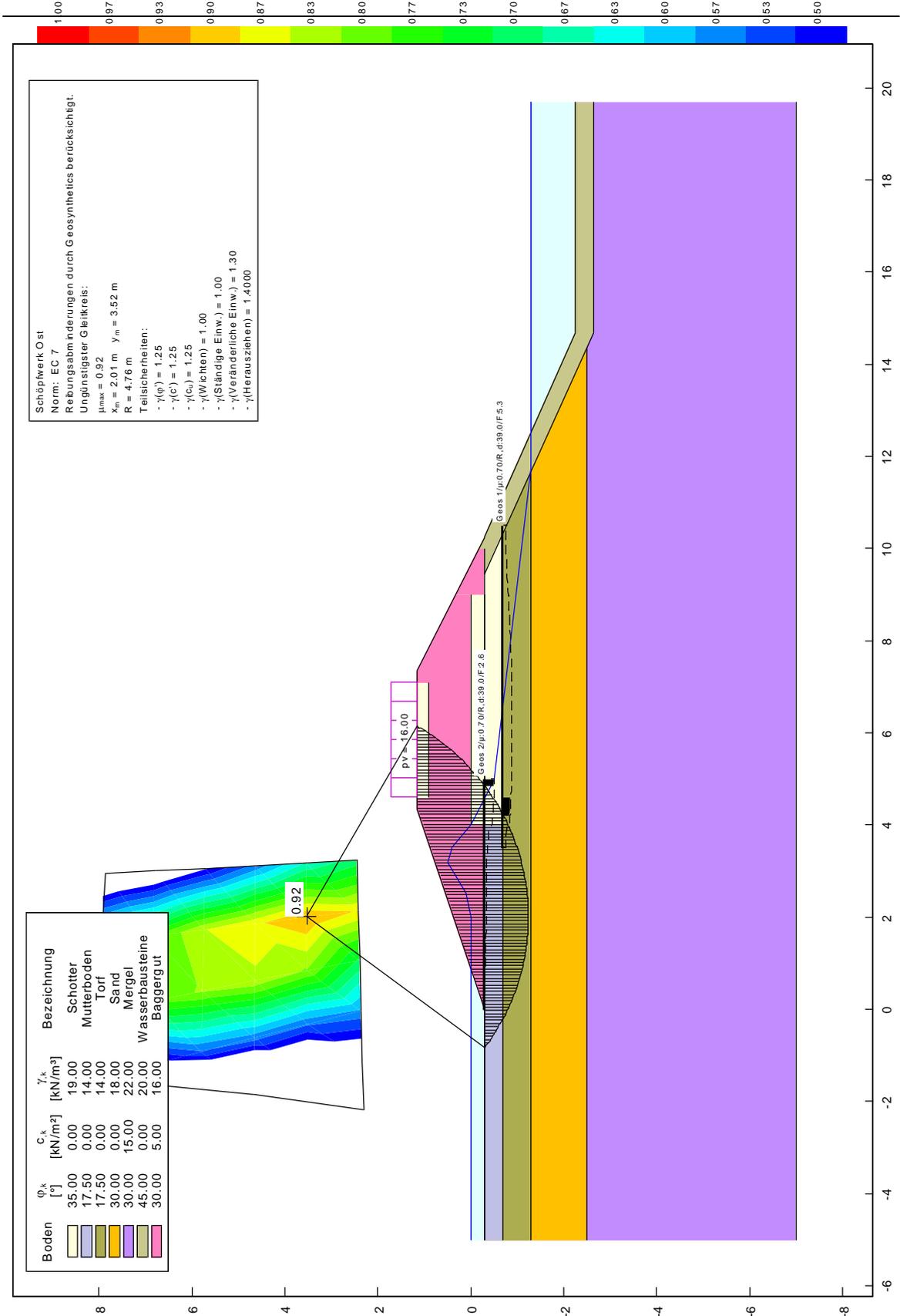
SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 16 kN/m², Dammkörper aus Baggegut unbewehrt – nicht standsicher



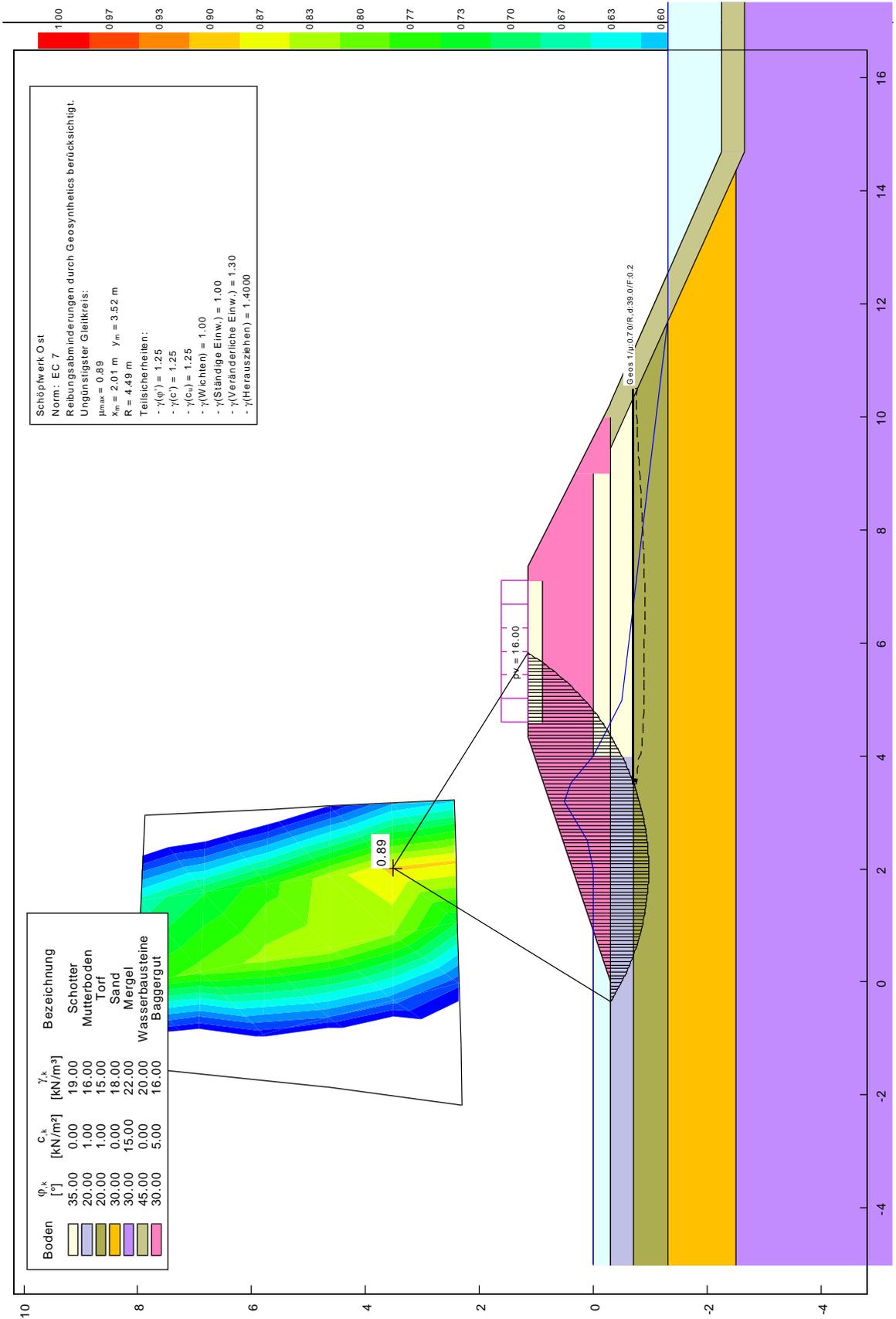
SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 5 kN/m², Dammkörper aus Baggegut unbewehrt – nicht standsicher



SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 16 kN/m², Basisbewehrung unter Dammkörper aus Baggegut – standsicher



SWO, Gesamtstandsicherheit Außenböschung, Dammkern/Baustraße 0,30 m u. OKG, Verkehrslast 16 kN/m², Verdichtung des Untergrunds (trockene Verhältnisse) – standsicher



VERFASSER: WASTRA-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock	Datum: 17.04.2020
BAUWERKE: Deiche und Böschungen im Zuge der Deichrückverlegung am Korkwitzer Bach und des Neubaus zweier Schöpfwerke	Projektnummer 32036

6.4.2 Sicherheit der Steinschüttung und der Steinmatratzen gegen Abrutschen auf der Böschung (Lokale Standsicherheit)

Es wird der Nachweis des Abrutschens der Steinschüttung auf der Böschung mit Methode der Gleitkörperberechnung geführt. Auf der 1:2,5 geneigten Böschung ist die Steinschüttung standsicher herstellbar. Die Schüttung im Bereich der Sohle dient dabei als Widerlager im Fußbereich – die Steinschüttung verspannt sich auf diese Weise. Im Bereich der einmündenden Rohrleitungen wird die Steinschüttung durch Steinmatratzen ersetzt. Die Steinmatratzen sind dadurch ebenfalls in der Böschung gegen Verschiebungen gesichert.

Zur Absicherung der Ergebnisse wird das System mit abgeminderten Bodenparametern berechnet (Abminderung ϕ' bei Steinschüttung, Sandschicht und Mergel, Vernachlässigung von Kohäsion).

Ergebnis Ausnutzungsgrad: $\mu = 0,89$.

Die Böschungssicherung ist als standsicher zu bewerten.

