

HOCHWASSERSCHUTZ BOIZENBURG – SUDE HOCHWASSERSPERRWERK BOIZENBURG

ERDSTATISCHE NACHWEISE DER ELBEDEICHE



Projektname **Hochwasserschutz Boizenburg – Sudehochwassersperrwerk**

Projekt Nr. **301000763**

Empfänger **Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg
Abteilung Naturschutz, Wasser und Boden**

Inhalt **Geotechnische und hydraulische Nachweise der
Elbedeiche Boizenburg und Mahnkenwerder**

Version **Revision 1**

Datum **06.12.2021**

Bearbeitet von **Jens Hucklenbroch**

Überprüft von **Sophia Tietge**

Genehmigt von **Georg Zinßer**

INHALT

1.	Allgemeines	3
1.1	Veranlassung	3
1.2	Vorbemerkungen und Berechnungsumfang	3
1.3	Verwendete Unterlagen	4
1.4	Verwendete Software	5
1.5	Revisionsstatus	5
2.	Bemessungsgrundlagen	6
2.1	Regelquerschnitte	6
2.2	Baugrundverhältnisse	7
2.3	Hydrologische Verhältnisse	10
2.4	Einwirkungen	11
2.5	Bemessungssituationen und Einwirkungskombinationen	12
2.6	Sicherheitskonzept	13
3.	Strömungsberechnung	14
3.1	Stationäre Strömungsberechnung	14
3.2	Instationäre Strömungsberechnung	15
4.	Nachweise der Tragfähigkeit	16
4.1	Globale Standsicherheit	16
4.2	Lokale Standsicherheit	18
4.3	Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch	19
5.	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	21
5.1	Setzungen/Verformungen	21
5.2	Rissbildungen	21
6.	Nachweis zur Sicherheit gegen Materialtransport	22
6.1	Kontakterosion und Suffosion	22
6.2	Rückschreitende Erosion (Fugenerosion bzw. Erosionsgrundbruch)	24

ANLAGEN

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Potentiallinienverteilung aus den stationären Strömungsberechnungen
Anlage 3	Potentiallinienverteilung aus den instationären Strömungsberechnungen
Anlage 4	Böschungs- und Grundbruchnachweise
Anlage 5	Gleitnachweis
Anlage 6	Nachweis der Spreizsicherheit am Böschungsfuß
Anlage 7	Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit

1. Allgemeines

1.1 Veranlassung

Ausgelöst durch diverse Hochwasserereignisse der Elbe seit 2002 haben sich die Elbeminister 2009 auf einen Bemessungshochwasserabfluss von $4.545 \text{ m}^3/\text{s}$ und einen Bemessungshochwasserstand (BHW) von $+7,99 \text{ m}$ NHN am Pegel Wittenberge verständigt. Für den Pegel Boizenburg entspricht dies einem BHW von $+11,37 \text{ m}$ NHN.

Der Elbedeich Boizenburg und daran anschließend der Elbedeich Mahnkenwerder stellen im Rahmen des Verbundprojektes Hochwasserschutz Boizenburg [1] die Verbindung der Hochwasserschutzlinie (HWS-Linie) zwischen dem neuen Sude-Hochwassersperrwerk und der niedersächsischen Landesgrenze dar. Im derzeitigen Zustand besitzen die beiden Deichabschnitte gegenüber dem neuen BHW einen mittleren Unterbestick von 53 cm (Boizenburg) bzw. 46 cm (Mahnkenwerder).

Die Erhöhung der Deiche erfolgt aufgrund der beengten Platzverhältnisse zwischen Elbe und Sude innerhalb der Trasse. Die aus der Erhöhung resultierende Verbreiterung der Deiche wird in Richtung Sude vorgenommen, um einen naturschutzfachlichen Eingriff in die Elbauen sowie eine Einnengung des Elbequerschnittes zu vermeiden. Neben der Deicherhöhung der Elbedeiche sind die Rückdeichung des Hafendeichs sowie der Neubau des Sudehochwassersperrwerks Bestandteil des Verbundprojektes Hochwasserschutz Boizenburg.

Inhalt der vorliegenden Unterlage sind die hydraulischen und geotechnischen Nachweise der Elbedeiche zwischen dem Standort des neuen Sudehochwassersperrwerks und der niedersächsischen Landesgrenze. Details zur Planung sind der Planungsunterlage (z.B. [1]) zu entnehmen.

Ein Übersichtslageplan der Maßnahme kann der Anlage 1 entnommen werden.

1.2 Vorbemerkungen und Berechnungsumfang

Im Rahmen der Entwurfs- und Genehmigungsplanung ist nachzuweisen, dass die im Rahmen der Planung behandelten Hochwasserschutzanlagen den hydraulischen Belastungen in den maßgebenden Bemessungssituationen (vgl. Abschnitt 2.5) standhalten. Hierbei sind Hochwasserschutzanlage und Untergrund stets als Einheit anzusehen.

In der vorliegenden Unterlage sind dabei folgende Objekte betrachtet worden:

- Elbedeich Boizenburg zwischen neuem Sudehochwassersperrwerk und Pionierbrücke
- Elbedeich Mahnkenwerder auf gesamter Länge (Pionierbrücke bis Landesgrenze Niedersachsen)

Der Abschnitt des Elbedeichs nordwestlich des neuen Sperrwerks in Richtung des Boizenburger Hafens wird nicht erhöht und dient zukünftig nur noch als Leitdamm ohne Hochwasserschutzfunktion. Aus diesem Grund ist für diesen Abschnitt keine Nachweisführung erforderlich.

Die für die Hochwasserschutzanlagen durchzuführenden Nachweise lassen sich nach EC 7 [6] untergliedern in:

- Nachweise der Unterschreitung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit
- Nachweise der Unterschreitung des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit, und
- Nachweise der Erosionssicherheit (Materialtransport)

1.3 Verwendete Unterlagen

- [1] INGE Ramboll iKD: Verbundprojekt Hochwasserschutz Boizenburg – Rückdeichung Hafendeich, Sude Hochwassersperrwerk Boizenburg und Erhöhung Elbdeich Mahnkenwerder, Planfeststellungunterlage, Teil B: Erläuterungsbericht, Rev. 0, September 2021
- [2] Ramboll: Hochwasserschutz Boizenburg – Hafendeich Boizenburg, Geotechnischer Bericht, Rev. 0, 06.11.2019
- [3] Pöyry: Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen Nr. 03/06 Neubau „Elbdeich Mahnkenwerder“ Teil 12/2, Projekt-Nr. 502.390/2b, Februar 2006
- [4] Pöyry: Standsicherheitsberechnungen Ausführungsplanung, Deichrückverlegung Elbdeich Mahnkenwerder 12/02, 2008
- [5] DIN 19712:2013-01: Hochwasserschutz an Fließgewässern
- [6] DIN EN 1997-1:2014-03: Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC_2009 + A1:2013
- [7] DIN 1054:2010-12: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [8] DIN 4019:2015-05: Baugrund - Setzungsberechnungen
- [9] DWA-M 507-1, Deiche an Fließgewässern – Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Dezember 2011
- [10] Freie und Hansestadt Hamburg - Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer, Richtlinie Hauptdeiche: Richtlinie für Planungen im öffentlichen Hochwasserschutz der Freien und Hansestadt Hamburg – Geotechnische Nachweise und Bemessung, 12/2020
- [11] BAWMerkblatt MSD: Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), 2011
- [12] BAWMerkblatt MMB: Merkblatt Materialtransport im Boden, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), 2013
- [13] BAWMerkblatt MAK: Merkblatt Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstraßen (MAK), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), 2013
- [14] BWS: Hydrogeologisches Gutachten zum Hochwasserschutz Boizenburg, BWS GmbH, Juli 2021
- [15] BRAD16: Brandenburgische Richtlinie für die Anwendung Geosynthetischer Tondichtungsbahnen im Deichbau, Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, Ausgabe 2016
- [16] Bernward Hölting, Wilhelm Georg Coldewey: Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 8. Auflage. Springer-Verlag

1.4 Verwendete Software

Programm	Version	Hersteller	Verwendung
Office 365 ProPlus, Word	-	Microsoft	Erstellung des Dokuments
GGU Stablity	13.05	GGU-Software	Nachweis des Böschungsbruchs nach DIN 4084: 2009/EC7
GGU-2D-Transient	7.05	GGU-Software	Berechnung von instationären Grundwasserströmungen
GGU-PLGW	8.07	GGU-Software	Grafische Auswertung der Ergebnisse der instationären Strömungsberechnung
GGU-SS-Flow2D	11.11	GGU-Software	Berechnung von stationären Grundwasserströmungen
GGU-Uplift	7.00	GGU-Software	Nachweise Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch

1.5 Revisionsstatus

Rev	Datum	Beschreibung	Verfasser	gesehen
0	25.08.21	Aufstellung geot. Nachweise Seiten 1-24 und Anlage 1 bis 7	J. Hucklenbroch	S. Tietge
1	06.12.21	Anmerkungen AG eingepflegt	J. Hucklenbroch	S. Tietge

2. Bemessungsgrundlagen

2.1 Regelquerschnitte

2.1.1 Elbedeich Boizenburg

Der Elbedeich Boizenburg ist unter Berücksichtigung des neuen BHW auf eine Kronenhöhe zwischen 12,50 m NHN am neuen Sperrwerk und 12,52 m NHN an der Pionierbrücke zu erhöhen. Das geplante Regelprofil weist eine 5,0 m breite Krone und beidseitig 1:3 geneigte Böschungen auf. Mit einer Kronenhöhe von 12,50-12,52 m NHN besitzt der Deich gegenüber dem BHW ein Freibord von 1,0 m. Auf die Anordnung einer landseitigen Berme wird allerdings aus Platzgründen verzichtet.

Im Zuge der Erhöhung wird die bestehende geotextile Tondichtungsbahn (GTD) als Außendichtung an die neue Kronenhöhe angepasst bzw. verlängert.

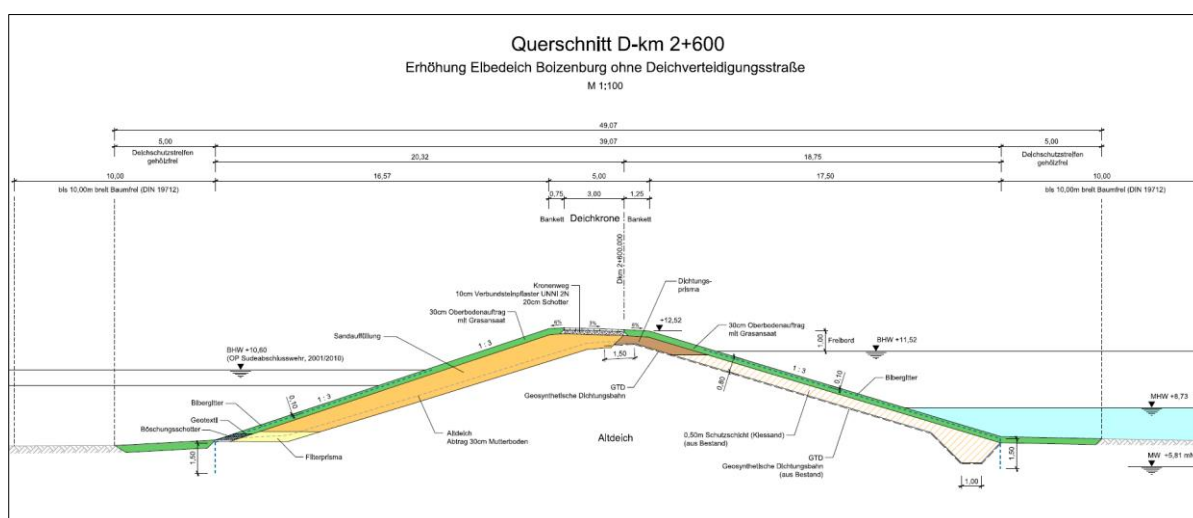


Abbildung 2-1: Regelquerschnitt des Hafendeichs

2.1.2 Elbedeich Mahnkenweder

Der Elbedeich Mahnkenweder wird weitestgehend analog zum Elbedeich Boizenburg saniert. Die Kronenhöhe ist dabei auf 12,52 m NHN bis 12,67 m NHN anzupassen. Hinsichtlich des Sanierungsumfanges ist zwischen zwei Deichabschnitten zu unterscheiden. Während der Abschnitt bis zur Abzweigung des linken Sudedeich Mahnkenwerders ebenfalls keine binnenseitige Berme besitzt, ist im Abschnitt zwischen der Abzweigung und der niedersächsischen Landesgrenze eine Berme vorhanden. Diese bleibt im Zuge der Erhöhung/Verbreiterung erhalten und besitzt eine Breite von 4,50 m.

Mit der im Bestand vorhandenen GTD soll in gleicher Weise verfahren werden wie am Elbedeich Boizenburg.

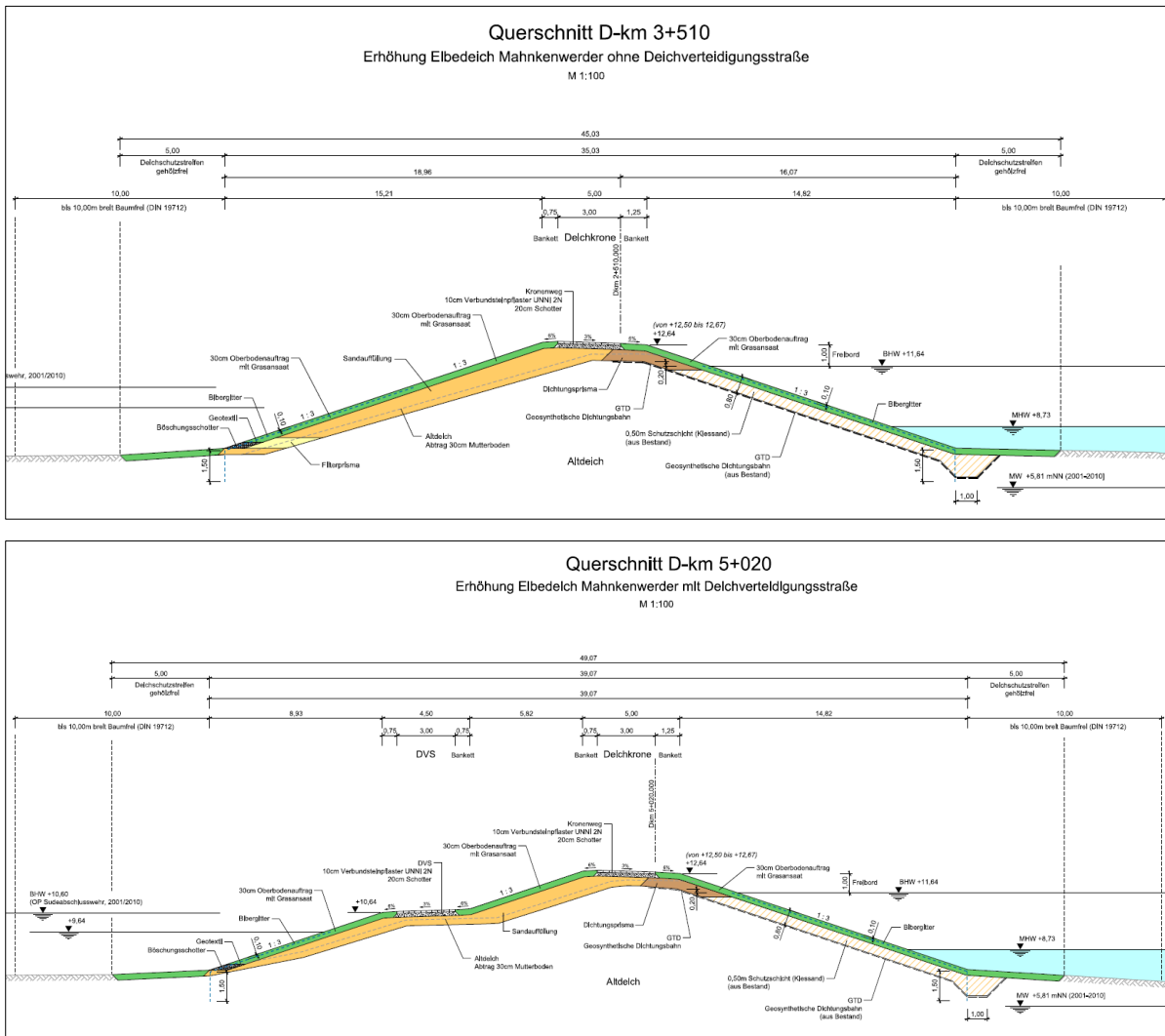


Abbildung 2-2: Regelquerschnitt des Deichneubaus

2.2 Baugrundverhältnisse

Zur Verdichtung der teilweise lückenhaften Übersicht des Baugrundes wurde 2020 eine Nacherkundung der Baugrundverhältnisse u.a. im Bereich der beiden Elbedeiche durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Nacherkundung sind zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokumentes aufgrund noch fehlender Laborergebnisse noch nicht abschließend in einem Geotechnischen Bericht zusammengefasst.

Aus diesem Grund wird auf das Baugrundgutachten von Pöyry (ehemals: ibs; heute: Afry) vom Februar 2006 [3] zurückgegriffen. Dieses wurde im Zusammenhang mit der Deichrückverlegung des Elbedeich Mahnkenwerders erstellt.

Im Rahmen der Ausführungsplanung sind die Erkenntnisse aus dem derzeit in Bearbeitung befindlichen geotechnischen Bericht der aktuellen Baugrundkampagne den Informationen von Pöyry [3] gegenüberzustellen und die innerhalb dieses Dokumentes geführten Nachweise ggf. zu überarbeiten.

Gemäß Geotechnischem Bericht [3] stehen im Bereich des Elbedeichs Mahnkenwerder holozäne Auenauflagen über Talsanden an. Bei den als Aueauflage bezeichneten Erdstoffen handelt es sich um humose Schluffe als auch um Schluff und Tone mit geringen Sandbestandteilen. In den holozä-

nen Aueablagerungen liegt die Grundwasseroberfläche in geringer Tiefe bzw. tritt zeitweise niederschlagsbedingt an der Oberfläche aus. Die örtlich anschließenden Talsande bilden den Hauptgrundwasserleiter.

Im Deichabschnitt nördlich des Querdeichs stehen unter einer schluffigen Mutterbodenschicht (UO) Schluffe (UL, UM) mit einer Mächtigkeit zwischen 0,4 m bis 1,2 m an, die von Sanden (SE) unterlagert werden. Die Schichtstärke der Sande wurde bis mindestens 10 m unter GOK nachgewiesen.

Im Deichabschnitt südlich des Querdeichs (Bestandsdeich mit Berme) stehen relativ mächtige bindige Erdstoffe in Form von Schluffen (UM) und Tonen (TL, TM) an. Die Gesamtschichtstärke dieser bindigen Böden schwankt zwischen 2,8 m bis 5,2 m. In unregelmäßigen Abständen und Schichtstärken werden die bindigen Erdstoffe von Sandlagen unterbrochen. Bis zur Endteufe von maximal 10 m wurde in allen Fällen Sand (SE) festgestellt.

2.2.1 Bemessungsbodenprofile









Dem geotechnischen Bericht [3] können direkt keine Bemessungsbodenprofile entnommen werden. Für die Nachweisführung werden stattdessen die beiden Regelprofile aus den Standsicherheitsuntersuchungen [4] von Pöyry herangezogen, die im Zuge der Deichrückverlegung des Elbedeich Mahnkenwerders geführt wurden.

Die beiden Regelschnitte unterscheiden sich in Bezug auf den Baugrund in der Mächtigkeit der bindigen Auesedimente sowie deren Durchlässigkeit. Darüber hinaus besitzt der Bestandsdeich am Regelschnitt 1 keine Berme und ist somit charakteristisch für den Deichabschnitt nördlich des Querdeichs. Der Regelschnitt 2 ist hingegen charakteristisch für den Deichabschnitt mit Berme.

Vereinfacht wird angenommen, dass die Verhältnisse am Regelschnitt 1 auch für den Elbedeich Boizenburg herangezogen werden können.

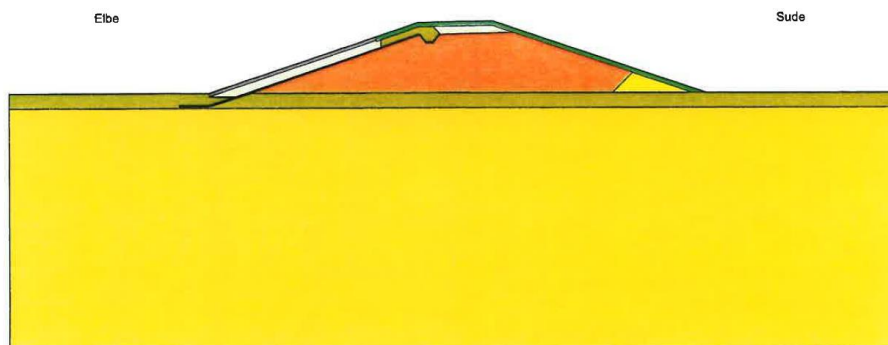
Regelschnitt 1:

Materialkennwerte

Boden	k_v [L/T]	k_h [L/T]	n_{rel} [-]	Bezeichnung
	$1,000 \cdot 10^{-6}$	$1,000 \cdot 10^{-6}$	0,20	Mutterboden
	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-4}$	0,20	Steindeckwerk
	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-4}$	0,20	Sand 0/6
	$2,000 \cdot 10^{-11}$	$2,000 \cdot 10^{-11}$	0,20	Dichtungsbahn
	$1,000 \cdot 10^{-6}$	$1,000 \cdot 10^{-6}$	0,20	Altdeichmaterial
	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-4}$	0,20	Schluff, tonig
	$2,000 \cdot 10^{-4}$	$2,000 \cdot 10^{-4}$	0,20	Sand
	$1,000 \cdot 10^{-3}$	$1,000 \cdot 10^{-3}$	0,20	Filterkies

Datei: RS1_DP1-Berechnungsmodell.rvt
 System

Elbdeich Mahnkenwerder Regelschnitt 1: Deichprofil 1 Berechnungsmodell



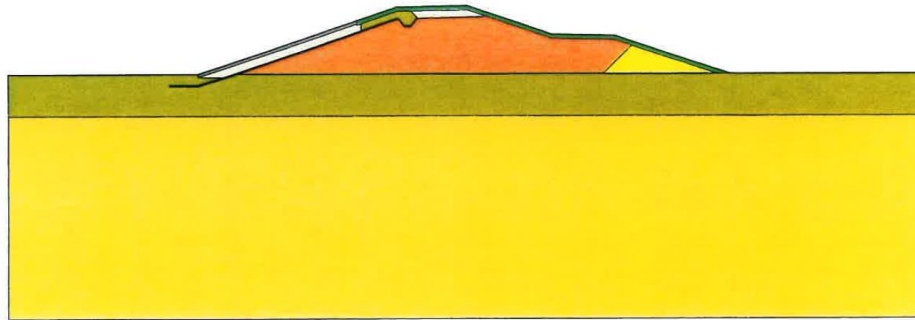
Regelschnitt 2:

Materialkennwerte

Boden	k_x [L/T]	k_y [L/T]	n_{vm} [-]	Bezeichnung
	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-6}$	0,20	Mutterboden
	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-6}$	0,20	Steindeckwerk
	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-6}$	0,20	Sand 0/8
	$2,000 \cdot 10^{-11}$	$2,000 \cdot 10^{-11}$	0,20	Dichtungsbahn
	$1,000 \cdot 10^{-9}$	$1,000 \cdot 10^{-9}$	0,20	Altdeichmaterial
	$1,000 \cdot 10^{-8}$	$1,000 \cdot 10^{-8}$	0,20	Schluff, tonig
	$2,000 \cdot 10^{-4}$	$2,000 \cdot 10^{-4}$	0,20	Sand
	$1,000 \cdot 10^{-2}$	$1,000 \cdot 10^{-2}$	0,20	Filterkies

Detail: RS2 DP1+2-Berechnungsmodell/En System

Elbdeich Mahnkenwerder
 Regelschnitt 2: Deichprofil 1 und 2
 Berechnungsmodell



2.2.2 Charakteristische Bodenkennwerte

Gemäß geotechnischem Bericht [3] und [4] sind die folgenden charakteristischen Bodenkennwerte zu verwenden.

Tabelle 2-1: Charakteristische Bodenkennwerte [2]

Schicht	Wichte γ / γ' [kN/m ³]	Scherfestigkeit			Durchlässigkeit k_f [m/s]
		ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	
Oberboden	17,5 / 8,0	20,0	0	10	$1 \cdot 10^{-5}$
Steindeckwerk	18,0 / 8,0	30,0	0	0	$1 \cdot 10^{-4}$
Sand 0/8	18,0 / 10,0	30,0	0	0	$1 \cdot 10^{-4}$
Altdeichmaterial	17,0 / 9,0	25,0	5	20	$1 \cdot 10^{-6}$
Schluff, tonig	18,0 / 8,0	25,0	5	20	$1 \cdot 10^{-8}$
Ton, schluffig	19,5 / 9,5	22,0	8	20	$1 \cdot 10^{-8}$
Sand	19,0 / 11,0	32,5	0	0	$2 \cdot 10^{-4}$

Für die Lieferbaustoffe (Stützkörpermaterial, Tondichtung usw.) wurden anhand von Literatur- und Erfahrungswerten die folgenden Kenngrößen angenommen:










Tabelle 2-2: Bodenkennwerte der Lieferbaustoffe

Boden	γ / γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	k_f [m/s]
Stützkörpermaterial (Sand)	18,0 / 10,5	32,5	$1 \cdot 10^{-4}$
Tondichtung	20,5 / 10,5	22,5	$1 \cdot 10^{-8}$
Kies-Filter	18,0 / 10,5	35,0	$1 \cdot 10^{-3}$

Für die Strömungsberechnungen wurden effektive Porositäten der Böden auf Grundlage von Literaturwerten [16] und Erfahrungen angenommen. Vereinfachend wurde der im geotechnischen Bericht vorgegebene Durchlässigkeitsbeiwert k_f sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung angesetzt, vgl. Tabellenwerte k_x und k_y .

Folgende Durchlässigkeitsbeiwerte wurden zudem abgeschätzt:

- Verbundsteinpflaster: $k_x = k_y = 1 \cdot 10^{-2}$ m/s („durchlässig“)

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Schluff
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	Kiesfilter

2.3 Hydrologische Verhältnisse

2.3.1 Bemessungswasserstand Elbe

Der anzusetzende Bemessungswasserstand steigt von 11,50 m NHN (Anschluss neues Sperrwerk) bis 11,67 m NHN an der niedersächsischen Landesgrenze. Für die Standsicherheitsnachweise werden an den beiden Regelschnitten die folgenden Bemessungswasserstände berücksichtigt:

Regelschnitt 1: BHW = 11,64 m NHN

Regelschnitt 2: BHW = 11,67 m NHN

2.3.2 Sudewasserstand

Das neue Sudehochwassersperrwerk wird für eine maximal zulässige Wasserstands Differenz von 3,0 m zwischen Elbe- und Sudewasserstand bemessen. Bei einem BHW von 11,50 m NHN am Sperrwerk und einem Freibord von 1,0 m beträgt der rechnerische Mindestwasserstand innerhalb der Sude im Hochwasserfall somit 8,50 m.

Für die Nachweisführung am Regelschnitt 1 wird dieser Wasserstand vereinfacht übernommen. Da das Wasserspiegelgefälle der Sude hierbei vernachlässigt wird, liegt dieser Wert auf der sicheren Seite.

Am Regelschnitt 2 wird der binnenseitige Wasserstand auf GOK-Niveau festgelegt, da der Elbedeich Mahnkenwerder in diesem Bereich nicht mehr an der Sude liegt.

2.3.3 Grundwasserstände

Die Veränderung der Grundwasserstände im Zuge der Deichrückverlegung wurde durch die BWS GmbH im Rahmen eines hydrogeologischen Gutachtens untersucht [14]. Für den Hochwasserfall können aus den zur Verfügung gestellten Rohdaten die folgenden Grundwasserpotentiale im Grundwasserleiter (GWL) im Bereich des Elbedeiches entnommen werden:

- 40 m elbeseitig von Deichmitte: ca. 10,25 m NHN
- 40 m sudeseitig von Deichmitte: ca. 9,75 m NHN

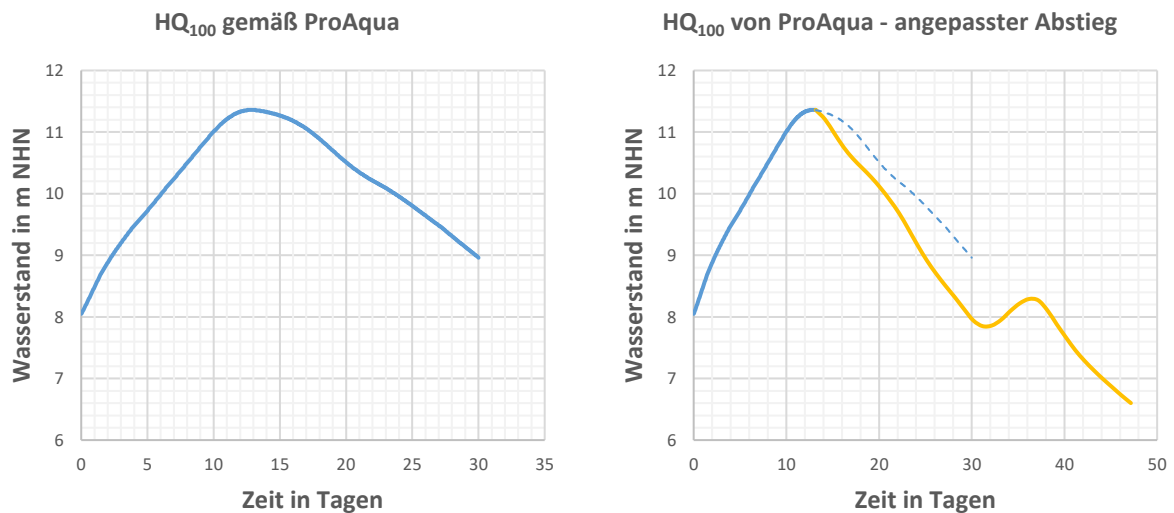
Unter Berücksichtigung einer mittleren Deichfußhöhe zwischen 7 bis 8 m NHN liegen demnach im Hochwasserfall deutlich gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

2.3.4 Bemessungshochwasserkurve

Die Ganglinie des im Jahr 2015 neu definierten Bemessungshochwassers (HQ₁₀₀) wurde durch die ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH modelliert. Die Ganglinie umfasst einen Zeitraum von 30 Tagen und weist einen Hochwasserscheitel von 11,37 m NHN auf (blaue Linie).

Im Vergleich zu den Hochwassern aus den Jahren 2006, 2011 und 2013 steigt und fällt der Wasserstand des Bemessungshochwassers von ProAqua deutlich langsamer. Damit liegt die modellierte Hochwasserganglinie für die meisten Betrachtungen auf der sicheren Seite. Für den Sunklastfall ist jedoch ein schnell fallendes Hochwasser kritischer. Aus diesem Grund wird für die Bemessungssituation BS-P.2 der absteigende Ast des Hochwassers aus 2013 (gelbe Linie) herangezogen.

Die angepasste Hochwasserkurve fällt nach Erreichen des Scheitelpunktes ca. alle 5 Tage um einen Meter (zum Vergleich HQ₁₀₀ ProAqua: 7 Tage/1 m). Insgesamt fällt das Hochwasser damit immer noch relativ langsam.



2.4 Einwirkungen

Die auf die Hochwasserschutzanlagen oder den Untergrund einwirkenden oder daraus resultierenden Beanspruchungen sind als charakteristische Werte zu ermitteln und in ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkungen einzuordnen.

2.4.1 Ständige Einwirkungen

Als ständige Einwirkungen werden unter Berücksichtigung der DIN 19712 [5]

- die Eigenlasten, die sich aus der Wichte der Bodenschichten gemäß geotechnischem Bericht [1] ergeben, und
- der Erddruck (z.B. auf die Hochwasserschutzwand) berücksichtigt.

Für das Verbundsteinpflaster (UNNI-2N) des Deichverteidigungs- und Kronenweges werden folgende Eigenlasten und Bauwerkseigenschaften beachtet:

- $\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$ / $\gamma' = 10,5 \text{ kN/m}^3$ (Quelle: Berding-Beton); $\phi k' = 32,5^\circ$

2.4.2 Veränderliche Einwirkungen

Als veränderliche Einwirkungen werden unter Berücksichtigung der DIN 19712 [5]

- Die Beanspruchungen aus dem Bemessungshochwasser (BHW), s. Abschnitt 2.3.1 mit Wasserständen,
- Den Beanspruchungen aus schnell aus dem BHW fallendem Wasserstand in der Elbe, und
- Verkehrslasten mit 33 kN/m² für befestigte Deichverteidigungswege, mit 16 kN/m² für sonstige Wege und mit 5 kN/m² für Kronen und Bermen ohne Fahrwege berücksichtigt.

2.4.3 Außergewöhnliche Einwirkungen

Als außergewöhnliche Einwirkungen werden unter Berücksichtigung der DIN 19712 [5]

- ein das Bemessungshochwasser überschreitendes Hochwasser (bordvoller Wasserstand bis Sollhöhe),
- der Ausfall von Dichtungen, und
- der Ausfall von Dräns berücksichtigt.

2.5 Bemessungssituationen und Einwirkungskombinationen

Die zuvor genannten Einwirkungen sind gemäß DIN EN 1990 zu Einwirkungskombinationen zusammenzufassen und den Bemessungssituationen zuzuordnen. Für den Nachweis der Tragfähigkeit wird unterschieden in ständige (BS-P), vorübergehende (BS-T) und außergewöhnliche Bemessungssituationen (BS-A). Die für Deiche regelmäßig zu berücksichtigenden Einwirkungskombinationen in den verschiedenen Bemessungssituationen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 2-3: Einwirkungen und Bemessungssituationen gemäß DIN 19712 [5]

Einwirkungen		Bemessungssituation					
		BS-P ständig		BS-T vorübergehend	BS-A außergewöhnlich		
		(Hochwasser- zustand)		(Bau- und Revisions- zustand)	(Besondere Belastungen und Situationen)		
		P.1	P.2	T.1	A.1	A.2	A.3
Ständige	Eigenlasten und Auflasten	X	X	X	X	X	X
Veränderliche	Verkehrslasten	X	X	X	X	X	X
	Beanspruchungen durch BHW	X				X	
	Beanspruchungen durch aus BHW fallenden Wasserspiegel		X				
	Beanspruchungen durch BauHW			X			X
Außergewöhnliche	Beanspruchungen durch Wasserstand „bordvoll“ ^a				X		
	Beanspruchungen infolge Versagen von Dichtungen bzw. Dräns ^b					X	X

^a Dies entspricht bei Deichen einem wasserseitigen Einstau bis zur wasserseitigen Böschungsschulter ohne Berücksichtigung von lokalen Über- oder Unterhöhen (z. B. aus Überfahrten oder Überaufstrecken) und konstruktiv erforderlichen Überhöhungen.

^b Systemsicherheit von Dichtungs- und Dränelementen ist zu berücksichtigen. Bei nachweislich erosionsstabilen Systemen darf gegebenenfalls ein Teilversagen angesetzt werden. Das Maß des Versagens ist jeweils systemabhängig festzulegen.

Die Nachweise der Bemessungssituationen BS-P.1, BS-P.2, BS-A.1 und BS-A.2 sind zu führen.

Die Bemessungssituationen für mögliche Bauzustände (BS-T.1 und BS-A.3) werden in der Ausführungsplanung im Rahmen einer detaillierteren Betrachtung des Bauablaufs nachgewiesen.

2.6 Sicherheitskonzept

Die Nachweise basieren grundsätzlich auf dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte nach EC 7 [6] und DIN 1054 [7].

3. Strömungsberechnung

3.1 Stationäre Strömungsberechnung

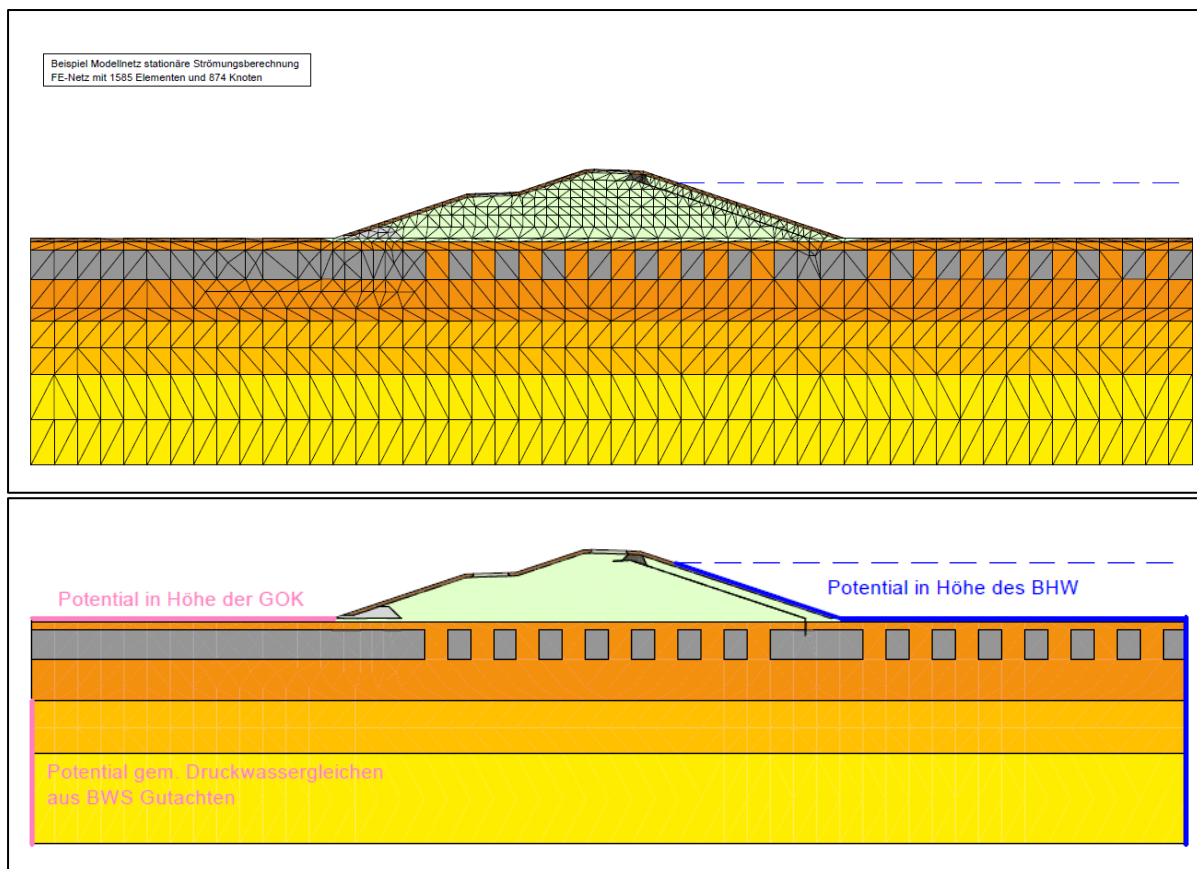
Die Sickerlinie und das Potentialliniennetz für die stationären Berechnungen wurden mittels vertikal-ebener, stationärer Berechnungen mit dem Finite-Elemente-Programm GGU-SS-FLOW2D, Version 11.11, der GGU Software GmbH ermittelt. Dabei wurde das Berechnungsmodell unter Berücksichtigung der Querschnittsgeometrie, der Baugrundsichtung und der bodenmechanischen Kennwerte erstellt. Das Dreiecksnetz wurde auf Elementform und Stetigkeit geprüft.

Als Randbedingung wurde entlang der wasserseitigen Modellränder (Außenböschung, GOK und rechter Modellrand) ein Festpotential in Höhe des maßgebenden Außenwasserstands (BHW oder bordvoller Einstau, vgl. Abschnitt 2.3) vorgegeben.

Als binnenseitige Wasserstandsrandbedingung wurden die Grundwasserpotentiale im Grundwasserleiter (vgl. Abschnitt 2.3.3 und [14]) am linken Systemrand angesetzt. An der binnenseitigen GOK bis zum Deichfuß wurde das Potential entsprechend der Geländehöhe gewählt, sodass die gespannten Grundwasserverhältnisse berücksichtigt werden.

In Anlehnung an die Empfehlungen der BRAD16 [15] wurde für die Sickerlinienberechnung stets von einer perforierten bindigen Deckschicht unter und (wasserseitig) vor dem Deich ausgegangen. Dadurch werden die Heterogenität des Baugrunds und mögliche Kolkbildungen, Eisschälungen oder Baumwürfe auf der sicheren Seite liegend berücksichtigt.

Das hydraulische Versagen des Dräns und der GTD-Dichtung im BS-A.2 wurde berücksichtigt, indem die Durchlässigkeit des Stützkörpermaterials übernommen wurde.



Die Ergebnisse der stationären Strömungsberechnung können der Anlage 2 entnommen werden. Die Ergebnisse der stationären Strömungsberechnung dienen als Eingangswerte für die instationäre Strömungsberechnung.

3.2 Instationäre Strömungsberechnung

Für den Nachweis der Bemessungssituation BS-P.2 (schnell fallender Wasserspiegel) ist eine instationäre Strömungsberechnung erforderlich, um den zeitlichen Verlauf der Wasserspiegelabsenkung zu berücksichtigen. Die instationäre Strömungsberechnung wurde mit dem Finite-Elemente-Programm GGU-Transient, Version 7.05 durchgeführt. Die grafische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem Programm GGU-PLGW, Version 8.07.

Als Eingangswerte für die instationäre Strömungsberechnung dienen die stationären Strömungsberechnungen mit dem BHW als Außenwasserstand. Der Wasserstand der Elbe wird als Zeit-Randbedingung entlang der Polder-GOK und der Außenböschung vorgegeben. Grundlage hierfür bilden die Ganglinie des Bemessungshochwassers sowie deren Anpassung basierend auf dem Hochwasser von 2013 (vgl. Abschnitt 2.3.4).

Die Randbedingung wird im Verlauf der instationären Berechnung nur angesetzt, wenn das für den jeweiligen Zeitschritt gültige Potential des zugehörigen Polygonzugs größer oder gleich der Ortshöhe des jeweiligen Knotens ist.

Die Potentialverteilung in Deich und Untergrund wurde nach 18 und 34 Tagen ausgegeben, da zu diesen Zeitpunkten die größte Differenz zwischen Wasserstand vor und im Deich vorliegt.

Die Ergebnisse der instationären Strömungsberechnung können der Anlage 3 entnommen werden.

4. Nachweise der Tragfähigkeit

Die Grundlage der Standsicherheitsnachweise bilden die jeweiligen Baugrundmodelle für den Untergrund, die geplanten Deichkubaturen sowie die lastfallabhängigen Potentialfelder der betrachteten Bemessungssituationen. Erhöhte Wasserstände infolge von Qualmwasserbildungen wurden nicht berücksichtigt, so dass der gewählte Ansatz auf der sicheren Seite liegt. Die Berechnungen erfolgten unter Ansatz der in Abschnitt 2.2.2 angegebenen Bodenkennwerte für den Untergrund und die Deichmaterialien.

4.1 Globale Standsicherheit

4.1.1 Nachweis gegen Böschungs- und Böschungsgrundbruch

Die Nachweise der Standsicherheit gegen Böschungs- und Böschungsgrundbruch erfolgten für den Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) mit den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 [7]. Eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen wird eingehalten, wenn folgende Bedingung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt ist:

$$E \leq R$$

E: Resultierende der Einwirkungen

R: Resultierende der Widerstände

Die Berechnungen erfolgten mit dem Programm GGU STABILITY gemäß DIN 4084 nach dem Lammellenverfahren von Bishop.

In den nachfolgenden Abschnitten und Tabellen sind die ermittelten Ausnutzungsgrade für die betrachteten Deichabschnitte zusammengefasst. Die Ergebnisse sind in Anlage 4 dargestellt.

Regelschnitt 1 (RQ 1)

Wasserstand außen (BS-P.1; BS-A.2):	11,64 m NHN
Wasserstand außen (BS-A.1):	12,64 m NHN
Wasserstand binnen:	8,50 m NHN
GW-Potential elbeseitiger Rand (GWL):	10,25 m NHN
GW-Potential sudeseitiger Rand (GWL):	9,75 m NHN

Tabelle 4-1: Ausnutzungsgrade Böschungs- und Grundbruchnachweise RQ 1

RQ 1	BS-P.1	BS-P.2		BS-A.1	BS-A.2	BS-A.2
		t = 18h	t = 34h			
binnen	0,85	-	-	0,74	0,74	0,73
außen	0,58	0,75	0,79	0,48	0,51	0,48

Für den geplanten Deichquerschnitt konnte zunächst insbesondere durch Auftriebsprobleme keine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden. Durch eine binnenseitig angeordnete Druckentlastung (Sickerschlitze; B/H ca. 2,0/1,2 m) vor dem Deichfuß konnten schließlich in allen untersuchten Bemessungssituationen ausreichende Sicherheiten gegen Böschungs- bzw. Böschungsgrundbruch eingehalten werden.

Regelschnitt 2 (RQ 2)

Wasserstand außen (BS-P.1; BS-A.2):	11,67 m NHN
Wasserstand außen (BS-A.1):	12,67 m NHN

Wasserstand binnen: GOK (~7,70 m NHN)

GW-Potential elbeseitiger Rand (GWL): 10,25 m NHN

GW-Potential sudeseitiger Rand (GWL): 9,75 m NHN

Tabelle 4-2: Ausnutzungsgrade Böschungs- und Grundbruchnachweise RQ 2

RQ 2	BS-P.1	BS-P.2		BS-A.1	BS-A.2	BS-A.2
		t = 18h	t = 34h		Dichtungsversagen	Dränversagen
binnen	0,79	-	-	0,67	0,67	0,71
außen	0,71	0,76	0,74	0,59	0,57	0,48

Für den geplanten Deichquerschnitt konnte zunächst insbesondere durch Auftriebsprobleme keine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden. Durch eine binnenseitig angeordnete Druckentlastung (Sickerschlitze; B/H ca. 2,0/2,8 m) vor dem Deichfuß konnten schließlich in allen untersuchten Bemessungssituationen ausreichende Sicherheiten gegen Böschungs- bzw. Böschungsgrundbruch eingehalten werden.

4.1.2 Nachweis gegen Gleiten

Bei Deichen auf Schichten geringer Scherfestigkeit ist gemäß DIN 19712 der Nachweis gegen Abschieben (Gleiten) zu führen. Der Nachweis erfolgt im Grenzzustand GEO-2 mit den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 [7]. Zur Einhaltung einer ausreichenden Sicherheit gegen Gleiten ist nachzuweisen, dass die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$T_d \leq R_{t,d} + E_{pt,d}$$

T_d : Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Gleitfläche

$R_{t,d}$: Bemessungswert des Gleitwiderstandes

$E_{pt,d}$: Bemessungswert des passiven Erddrucks (nicht vorhanden, da Gleitfuge in Aufstandsfläche angenommen wird)

Im vorliegenden Fall stellt der horizontale Wasserdruck $W_{h,k}$ auf den Deich die Beanspruchung dar. Dieser entgegen wirken das Eigengewicht des Deiches G_k und der vertikale Wasserdruck W_v .

Der Gleitwiderstand ermittelt sich damit wie folgt:

$$R_{d,k} = (G_k + W_v) \cdot \tan \varphi'_{k/\gamma_{R,h}}$$

Daraus folgt der Nachweis der Gleitsicherheit ohne Berücksichtigung des passiven Erddrucks zu:

$$W_h \cdot \gamma_G \leq (G_k + W_v) \cdot \tan \varphi'_{k/\gamma_{R,h}}$$

γ_G : Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen im Grenzzustand GEO-2

φ'_{k} : maßgebender Reibungswinkel entlang der Gleitfläche

$\gamma_{R,h}$: Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand im Grenzzustand GEO-2

Als ungünstigste Gleitfläche wird die Fuge Stützkörper / Auesediment (hier: Ton, schluffig) in der Berechnung angesetzt. Die Nachweisführung kann der Anlage 5 entnommen werden. Der Gleitnachweis wurde für die permanente (BS-P.1) und außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A.1) an den zwei Querschnitten geführt, die repräsentativ für den gesamten Elbedeich sind:

An beiden Schnitten wurden die Nachweise mit ausreichenden Sicherheiten erbracht.

Tabelle 4-3: Ausnutzungsgrade Gleitnachweis

Bemessungsprofil	Ausnutzungsgrad	
	BS-P.1	BS-A.1
RQ 1	0,30	0,34
RQ 2	0,21	0,25

4.2 Lokale Standsicherheit

4.2.1 Böschungen

Die lokale Standsicherheit der Böschungen kann nach MSD [10] durch den vereinfachten Ansatz böschungparalleler Gleitflächen berechnet werden. Bei Deichen aus nichtbindigem Böden wird eine ausreichende Sicherheit eingehalten, wenn gilt:

$$\tan \beta \leq \tan \phi'_d \quad \text{oberhalb der Sickerlinie}$$

$$\tan \beta \leq \frac{1}{2} \cdot \tan \phi'_d \quad \text{unterhalb der Sickerlinie}$$

Hierbei ist ϕ'_d der Bemessungswert des Reibungswinkels und β der Böschungswinkel.

Der Nachweis wurde für das Stützkörpermaterial der Deiche geführt. Die Oberbodenschicht ist wegen der Durchwurzelung hinsichtlich der lokalen Standsicherheit nicht relevant. Wie der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen ist, konnte eine ausreichende lokale Standsicherheit der Böschungen nachgewiesen werden.

Tabelle 4-4: Ausnutzungsgrade lokale Standsicherheit der Böschung

BS	β (1:3)	$\tan \beta$	ϕ'_k	γ_ϕ	$\tan \phi'_d$	Nachweis
BS-P	18,43°	0,333	32,5°	1,25	0,488	erbracht
BS-A	18,43°	0,333	32,5°	1,10	0,567	erbracht

Der Nachweis unterhalb der Sickerlinie kann entfallen, da sich der Austrittspunkt der Sickerlinie infolge des landseitig angeordneten Filterfußes (auch im Versagensfall BS-A.2) an allen betrachteten Bemessungsprofilen am Böschungsfuß einstellt.

4.2.2 Spreizsicherheit am Böschungsfuß

Unzulässige Spreizverformungen am Deichfuß können bei Deichschüttungen insbesondere auf bindigem Untergrund auftreten, wenn die horizontalen Reibungskräfte in der Deichaufstandsfläche kleiner sind als die in Böschungsrichtung wirkenden Anteile der Gewichtskraft des maßgebenden Böschungскеils.

Bei den untersuchten Deichanlagen stehen bindige Auesedimente (Schluffe bzw. Tone) in der Aufstandsfläche an, weshalb der Nachweis zur Aufnahme der Spreizspannungen im Folgenden erbracht wird.

Der Nachweis wird durch Böschungsbruchberechnungen unter Ansatz von polygonalen Gleitflächen nach Janbu mit einem Lamellenverfahren geführt. In den meisten Fällen werden diese Bruchmechanismen bereits hinreichend genau mit tiefliegenden Kreisgleitflächen (s. Abschnitt 4.1.1) erfasst.

Die Nachweisführung erfolgt für die Bemessungssituationen BS-P.1 (BHW) und BS-A.2 (Dichtungs- und Dränversagen). Der Nachweis am binnenseitigen Deichfuß ist maßgebend.

Für die betrachteten Bemessungssituationen wurde eine Variation von Gleitkörpern mit Bruchfugen im Deichaufbau und an der Deichaufstandsebene untersucht. In Anlage 6 ist der ungünstigste

Gleitkörper nach dem Teilsicherheitskonzept EC 7 [6] dargestellt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4-5: Ausnutzungsgrade Spreizsicherheit am Böschungsfuß

Bemessungsprofil	Ausnutzungsgrad		
	BS-P.1	BS-A.2 (Dichtung)	BS-A.2 (Drän)
RQ 1	0,89	0,75	0,76
RQ 2	0,91	0,77	0,77

Es wurden ausreichende Sicherheiten gegen Spreizen am Böschungsfuß nachgewiesen.

4.3 Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch

Nach DIN 1054 [7] erfolgt der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen und hydraulischen Grundbruch für die Grenzzustände UPL bzw. HYD. Die Nachweise sind zu führen, wenn der Boden unter der Einwirkung aufwärts gerichteter hydrostatischer Wasserdruckkräfte steht (Nachweis Aufschwimmen) bzw. der Boden vertikal (von unten nach oben) durchströmt wird (hydraulischer Grundbruch).

Für den Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen ist die nachfolgende Bedingung einzuhalten:

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,k} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb} + T_k \cdot \gamma_{G,stb}$$

Mit den charakteristischen Werten

- $G_{dst,k}$: ständige, destabilisierende Einwirkung z.B. hydrostatische Auftriebskraft
- $Q_{dst,k}$: ungünstige veränderliche Einwirkung in vertikale Richtung
- $G_{stb,k}$: ständige, stabilisierende vertikalen Einwirkungen
- T_k : eventuell zusätzlich einwirkende stabilisierende Scherkraft (hier nicht relevant)

Für den hydraulischen Grundbruch gilt:

$$S'_k \cdot \gamma_H \leq G'_k \cdot \gamma_{G,stb}$$

- S'_k : charakteristischer Wert der Strömungskraft
- G'_k : charakteristischer Wert der Gewichtskraft unter Auftrieb

Die für den Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen notwendige artesische Druckhöhe und der für die Ermittlung der hydraulischen Grundbruchsicherheit erforderliche hydraulische Gradient wurden dem jeweiligen Potentialliniennetz des Berechnungsprofils entnommen. Die Angaben zur hydrostatischen Auftriebskraft, zur Strömungskraft sowie zur Bodeneigenlast wurden mit dem Programm GGU-UPLIFT, Version 7.00, ermittelt.

Bei den Berechnungen wurde ein vertikales Bodenelement am binnenseitigen Deichfuß für die Bemessungssituationen BS-P.1, BS-A.1 und BS-A.2 betrachtet. Für die Bemessungssituation BS-P.2 wurde der wasserseitige Deichfuß betrachtet.

Die Berechnungsergebnisse sind in der Anlage 7 dargestellt und in Tabelle 4-6 zusammengefasst. Die Nachweise gegen Aufschwimmen und hydraulischen Grundbruch wurden mit ausreichenden Sicherheiten erbracht.

Tabelle 4-6: Ausnutzungsgrade Auftriebs- und hydraulische Grundbruchnachweise

Bemessungs- profil	BS-P.1		BS-P.2		BS-A.1		BS-A.2 <i>Dichtung</i>		BS-A.2 <i>Drän</i>	
	UPL	HYD	UPL	HYD	UPL	HYD	UPL	HYD	UPL	HYD
RQ 1	0,96	0,95	0,80	0,96	0,56	0,77	0,92	0,80	0,92	0,81
RQ 2	0,82	0,71	0,84	0,97	0,65	0,89	0,78	0,61	0,78	0,61

5. Nachweise der Gebrauchstauglichkeit

5.1 Setzungen/Verformungen

Die im Zuge der Erhöhung der Elbedeiche aufgebrauchten Bodenmengen (Zusatzlasten) verursachen Setzungen im anstehenden Untergrund. Nach Abklingen der Setzungen dürfen die erforderlichen Sollhöhen nicht unterschritten werden. Daher werden entsprechende Überhöhungen der Deichkörper vorgesehen.

Eine überschlägige Setzungsberechnung ergab, dass bei der Deicherhöhung eine zusätzliche Auflast von bis zu 23 kN/m^2 aufgebracht wird und daraus resultierend mit Setzungen von 2-3 cm zu rechnen ist. In Anlehnung an [10] wird eine auf ganze Dezimeter gerundete Überhöhung der Deichkrone von 10 cm vorgesehen.

5.2 Rissbildungen

Aufgrund der geringen Größenordnung der Setzungen sind keine nennenswerten Verformungen zu erwarten, in deren Folge mit einer kritischen Rissbildung zu rechnen wäre. Die eventuell auftretenden Verformungen sind für den Deichkörper unschädlich und werden durch den Stützkörper ausgeglichen.

6. Nachweis zur Sicherheit gegen Materialtransport

Es werden nach DWA-M 507 [9] grundsätzlich drei Formen des Materialtransportes bei einem üblichen Deichaufbau unterschieden: Kontakterosion an Schichtgrenzen, Suffosion innerhalb eines Erdstoffes und Erosionsgrundbruch am landseitigen Böschungsfuß (Piping).

6.1 Kontakterosion und Suffosion

Bei der Kontakterosion werden die Teilchen eines feineren Bodens an der Schichtgrenze durch die Poren des größeren Bodens transportiert. Dadurch kann es zu einer Auflockerung des Gefüges und Geländesenkungen kommen. Bei dem innerhalb dieser Unterlage betrachteten Elbedeichen wird der Nachweis gegen Kontakterosion zwischen neu aufgebrachtem Deichstützkörper (Sand) und Deichuntergrund (schluffige und tonige Auesedimente) und zwischen Deichstützkörper und binnenseitigem Filterfuß erbracht.

Bei der Suffosion bewegen sich die feineren Partikel eines Erdstoffes im Porenraum des Korngerüsts aus groben Partikeln. Dabei bleibt ein Korngerüst aus groben Partikeln zurück. Das Volumen des betrachteten Bodenelements bleibt zunächst unverändert. Jedoch ist das (ausgewaschene) Korngerüst labil und es kann zu einem Kollaps mit plötzlichen Sackungen kommen.

6.1.1 Deichstützkörper und Filterfuß

Als Stützkörpermaterial wird ein eng gestufter Sand gewählt, dessen Körnungslinie innerhalb des in Abbildung 6-1 dargestellten Körnungsbandes liegt. Gemäß MBB [12] gelten Böden ohne weiteren Nachweis als suffosionssicher, wenn die Ungleichförmigkeitszahl C_u kleiner 8 ist und eine stetige Körnungslinie vorliegt. Beide Kriterien werden erfüllt, womit das gewählte Stützkörpermaterial suffosionssicher ist.

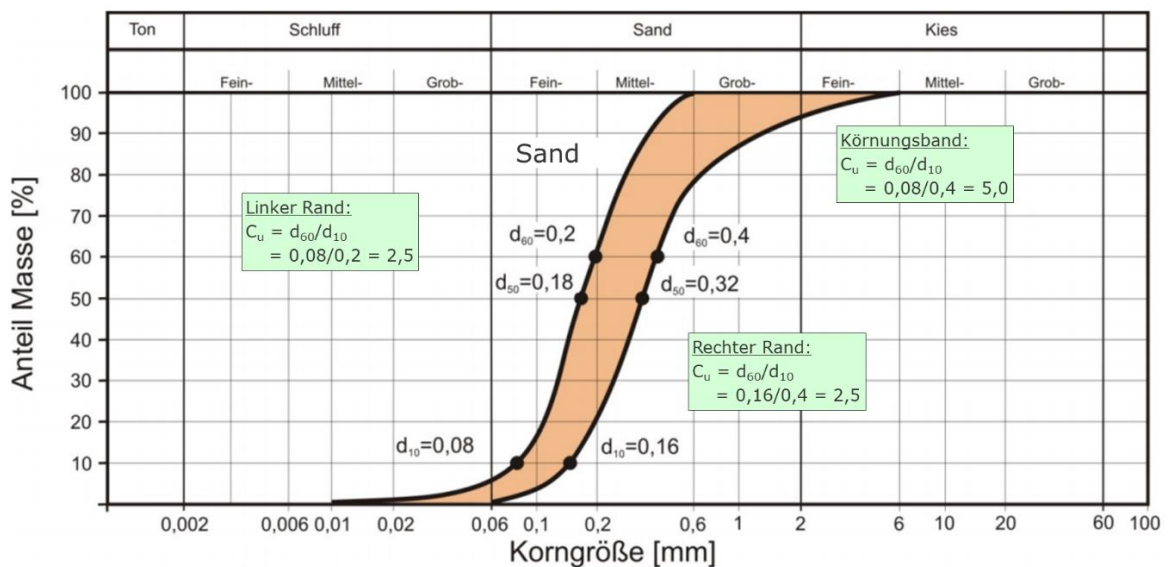


Abbildung 6-1: Körnungsband mit charakteristischen Körnungslinien des eng gestuften Sandes für den Deichstützkörper aus MAK [13]

Der binnenseitige Filterfuß soll sowohl mechanisch (Bodenrückhaltevermögen) als auch hydraulisch (wasserableitend) filterwirksam sein. Die Bemessung der mechanischen Wirksamkeit des Filters erfolgt nach dem Verfahren von Cistin/Ziems [13] mithilfe des linken (feinkörnigen) Randes des Körnungsbandes des Stützkörpermaterials:

Die Ungleichförmigkeitszahl des Filters wird analog zum Stützkörpermaterial mit $C_U = 2,5$ gewählt. Daraus folgt ein zulässiges Abstandsverhältnis von $A_{50,zul} = 12$. Unter Berücksichtigung des $d_{50,B} = 0,18$ mm der linken Körnungslinie des Stützkörpers lässt sich ein d_{50} des Filters zu

$$d_{50,F} = A_{50,zul} \cdot d_{50,B} = 12 \cdot 0,18 = 2,2 \text{ mm ermitteln.}$$

Durch Annahme eines $d_{60,F} = 2,7$ mm ergibt sich durch Umstellen der Ungleichförmigkeitsgleichung

$$d_{10,F} = d_{60,F} / C_U = 2,7 / 2,5 = 1,1 \text{ mm.}$$

Die hydraulische Filterwirksamkeit des binnenseitigen Filterfußes wird anhand des rechten (grobkörnigen) Randes des Körnungsbandes des Stützkörpermaterials bemessen.

Mithilfe des Durchlässigkeitsbeiwertes (nach Hazen, s. [13]) des Stützkörpermaterials

$$k_B = 0,0116 \cdot 0,16^2 \text{ [mm]} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec. (Formel ist nicht dimensionsecht!)}$$

und der Forderung

$$k_F \geq 25 k_B = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

folgt durch Umstellen der Gleichung

$$d_{10,F} = (k_F / 0,0116)^{0,5} = 0,8 \text{ mm.}$$

Mit dem gewählten $C_U = 2,5$ berechnet sich wiederum

$$d_{60,F} = C_U \cdot d_{10,F} = 2,5 \cdot 0,8 = 2,0 \text{ mm.}$$

Das aus der mechanischen und hydraulischen Bemessung resultierende Körnungsband des Filterfußes ist in Abbildung 6-2 dargestellt. Aufgrund der gewählten Ungleichförmigkeitszahl und der stetigen Körnungslinie ist der Filterfuß ebenfalls nicht suffosiv.

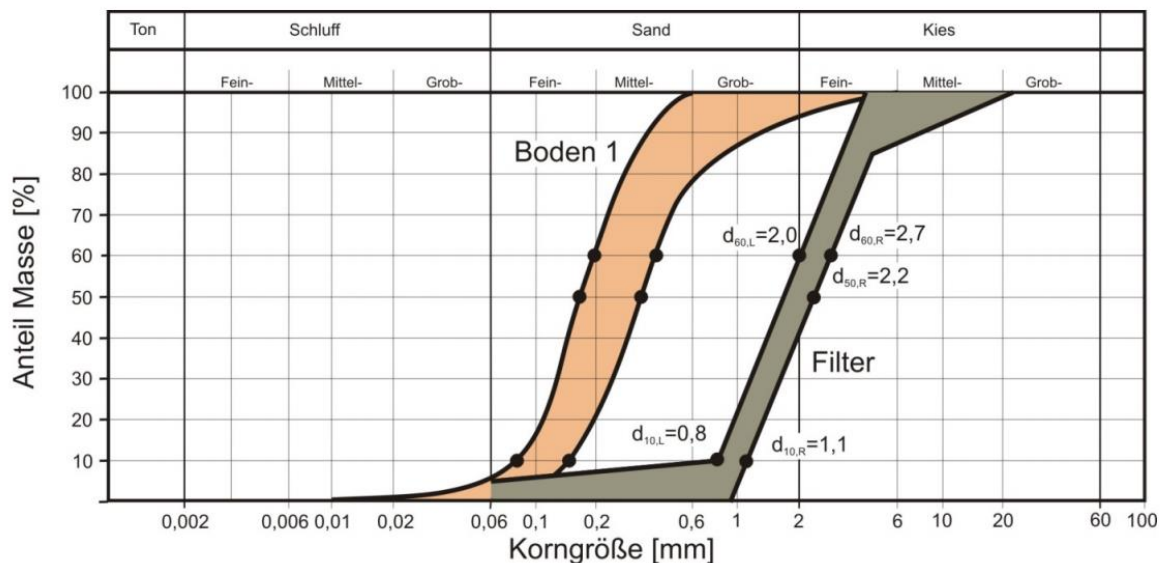


Abbildung 6-2: Körnungsbänder des Sandes für den Deichstützkörper (gelb-orange) und des binnenseitigen Kies-Filterfußes (braun) aus MAK [13]

6.1.2 Bindige Auesedimente (Schluffe [UL, UM] bzw. Tone [TL, TM])

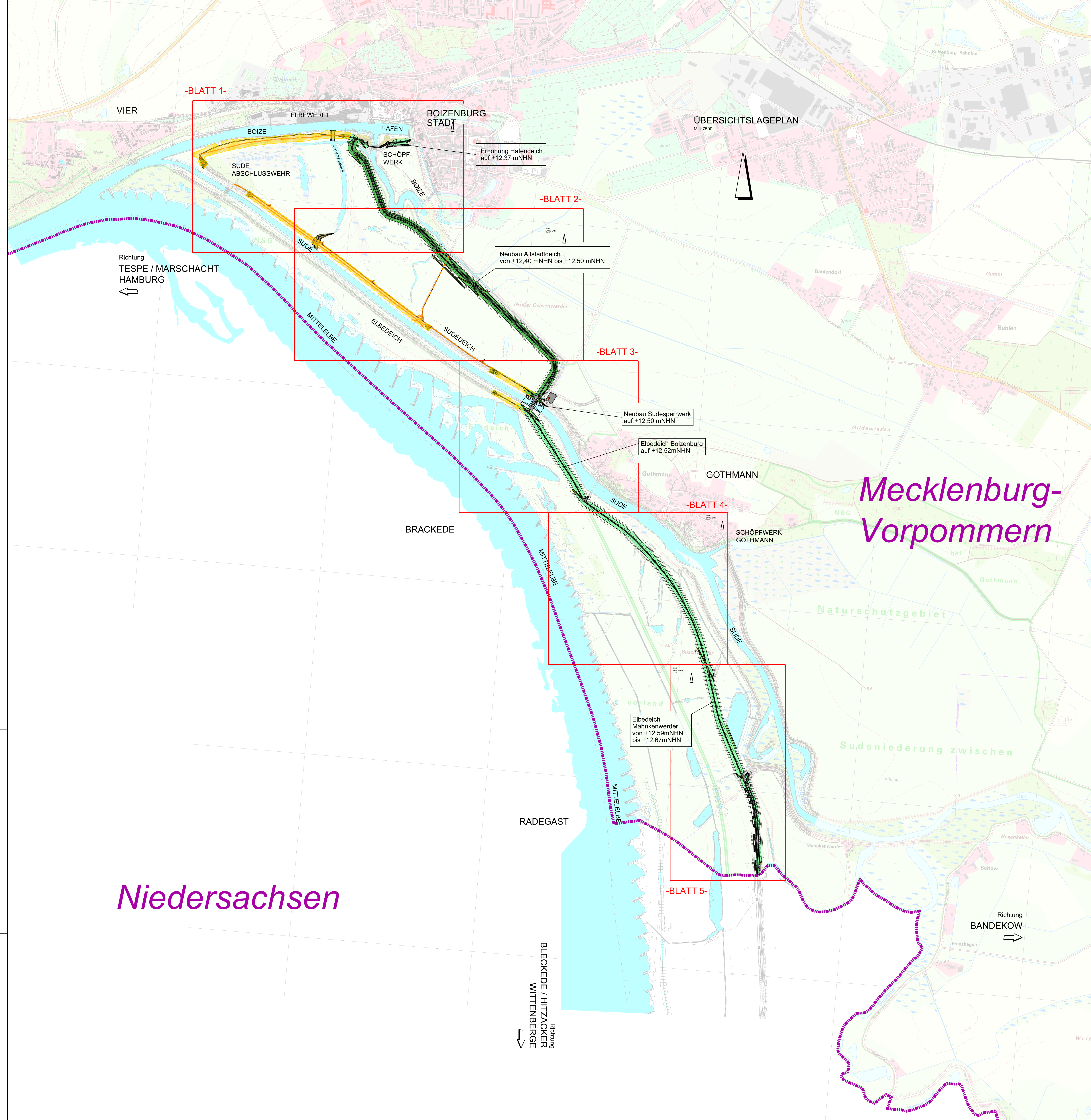
Bei köhäsiven Böden kann im Allgemeinen nach MBB [12] aufgrund der Fixierung der Bodenpartikel durch die Kohäsionskräfte auf einen Nachweis der Kontakterosion und Suffosion verzichtet werden. Demnach ist der Auelehm im Deichuntergrund als suffusions- und erosionssicher zu betrachten

6.2 Rückschreitende Erosion (Fugenerosion bzw. Erosionsgrundbruch)

Der Nachweis gegen Piping ist bei Dämmen auf einer oberflächennahen bindigen Schicht, unter deren Schutz eine Fugenerosion entstehen kann und deren Lage einen Abtransport des erodierten Bodens zulässt, notwendig.

Gemäß MMB [12] ist unter der Voraussetzung einer ausreichenden Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen (vgl. Abschnitt 4.3) ein Versagen in Form einer Fugenerosion unter der Deckschicht nicht möglich und muss somit nicht untersucht werden.

ANLAGE 1 - ÜBERSICHTSLAGEPLAN



Legende:

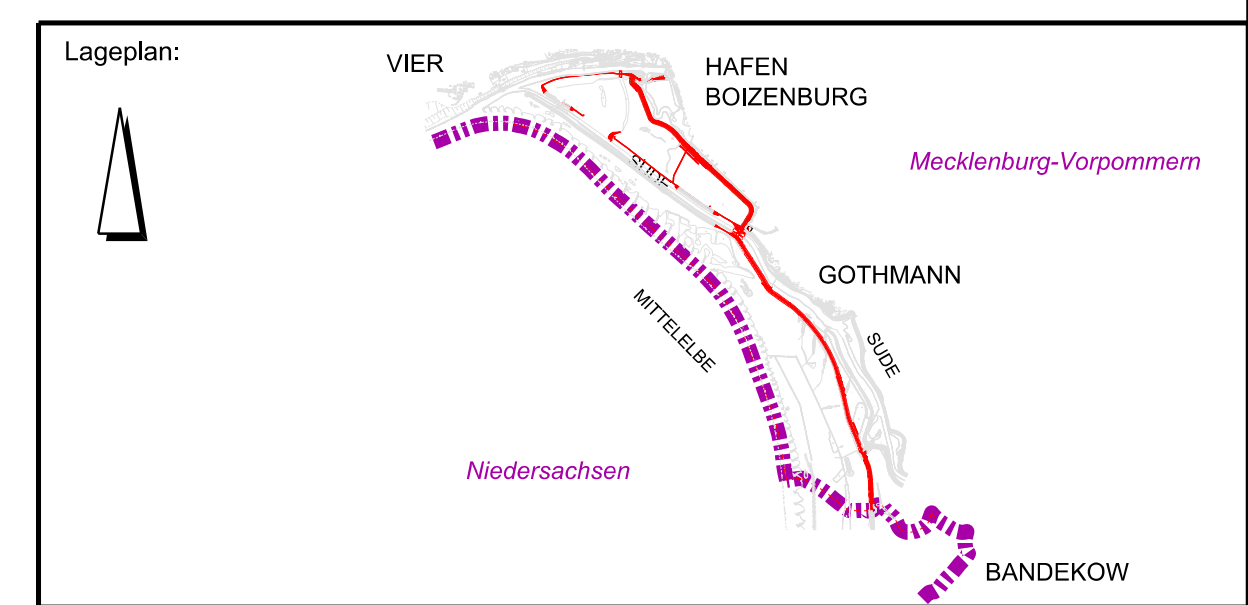
- Bestand aus DBWK
- Grenze zwischen den Bundesländern
- Neubau**
- Planung
- Böschungsfuß
- 5m Deichschutzstreifen
- 10m Deichschutzstreifen
- Wasserflächen
- Deichvorland (ca. 80cm Abtrag zum GDT Einbau)
- Böschung Deichneubau
- Böschung Deicherhöhung
- Bankett
- Gräben und Mulden
- Schotterrasen
- befestigte Wege
- Pflaster
- Bauwerke
- Deckwerk Wasserbausteine (Stelbauwerk, Durchlassbauwerk)
- Rückbau Deichkörper
- Rückbau Wege

Plangrundlagen:

- Digitales Geländemodell DGM 5, LAIV MV, 2016
- Digitale Bundeswasserstraßenkarte DBWK2, WSA Lauenburg, 2017
- Vermessung Hafendeich, Münster und Graf GbR, 2016
- Bestandsplan Elbedeich, WESTA Straßen- und Tiefbau Hagenow GmbH, 2008
- Vermessung Hafendeich Deichneubautrasse, Ingenieurgesellschaft Sieber & Partner mbH, 2017
- Vermessung Elbedeich Mahnkenwerder, Gothmann, Rechter Sudeich Gothmann-Bandekow Ingenieurgesellschaft Sieber & Partner mbH, 2019

Genehmigung

Index	Änderungen	Datum	Name



Prüfvermerke:

Auftraggeber: 	Gezeichnet: Lehmann Bearbeitet: Zinßer Geprüft: Zinßer Datum: 08.10.2021
Auftraggeber: 	Hamburg, den (Name und Unterschrift) Baubherr

Bauwerk / Baumaßnahme:
Hochwasserschutz Boizenburg

Darstellung: Übersichtslageplan

Zeichnung-Nr.: HWSB_GP_PFU_ZEI_ALL_0004
 Maßstab: 1:7500 Blattgröße: 841x1000
 Lagestatus: ETRS89 UTM 33N Höhensystem: DHHN 92
 CAD System / MicroStation Version V8i SSS

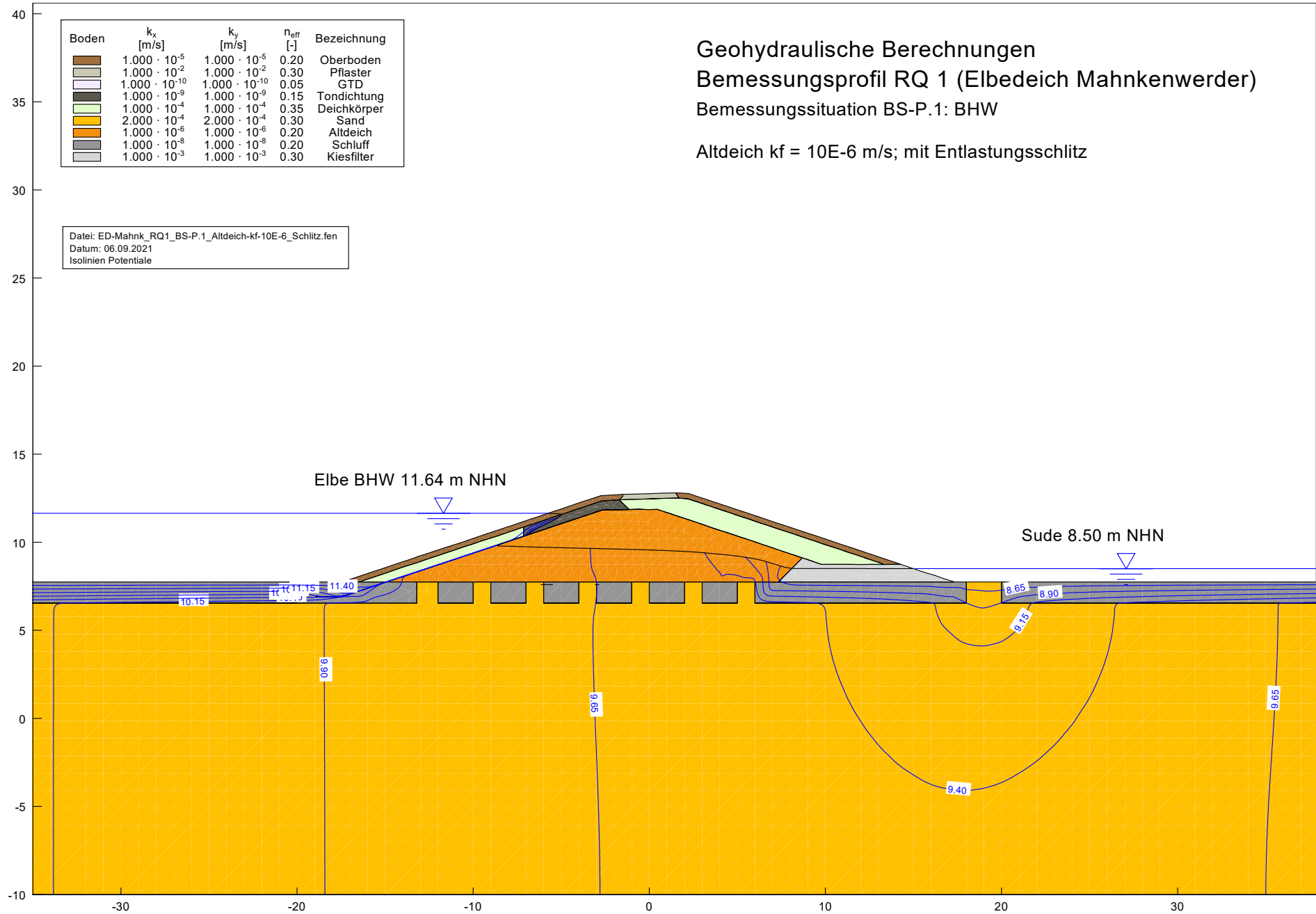
ANLAGE 2 - POTENTIALLINIENVERTEILUNG AUS DEN STATIONÄREN STRÖMUNGSBERECHNUNGEN

Geohydraulische Berechnungen
Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-P.1: BHW

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
[Brown]	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
[Grey]	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
[White]	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
[Dark Green]	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
[Light Green]	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
[Orange]	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
[Red-Orange]	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
[Grey-Blue]	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Schluff
[Light Grey]	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	Kiesfilter

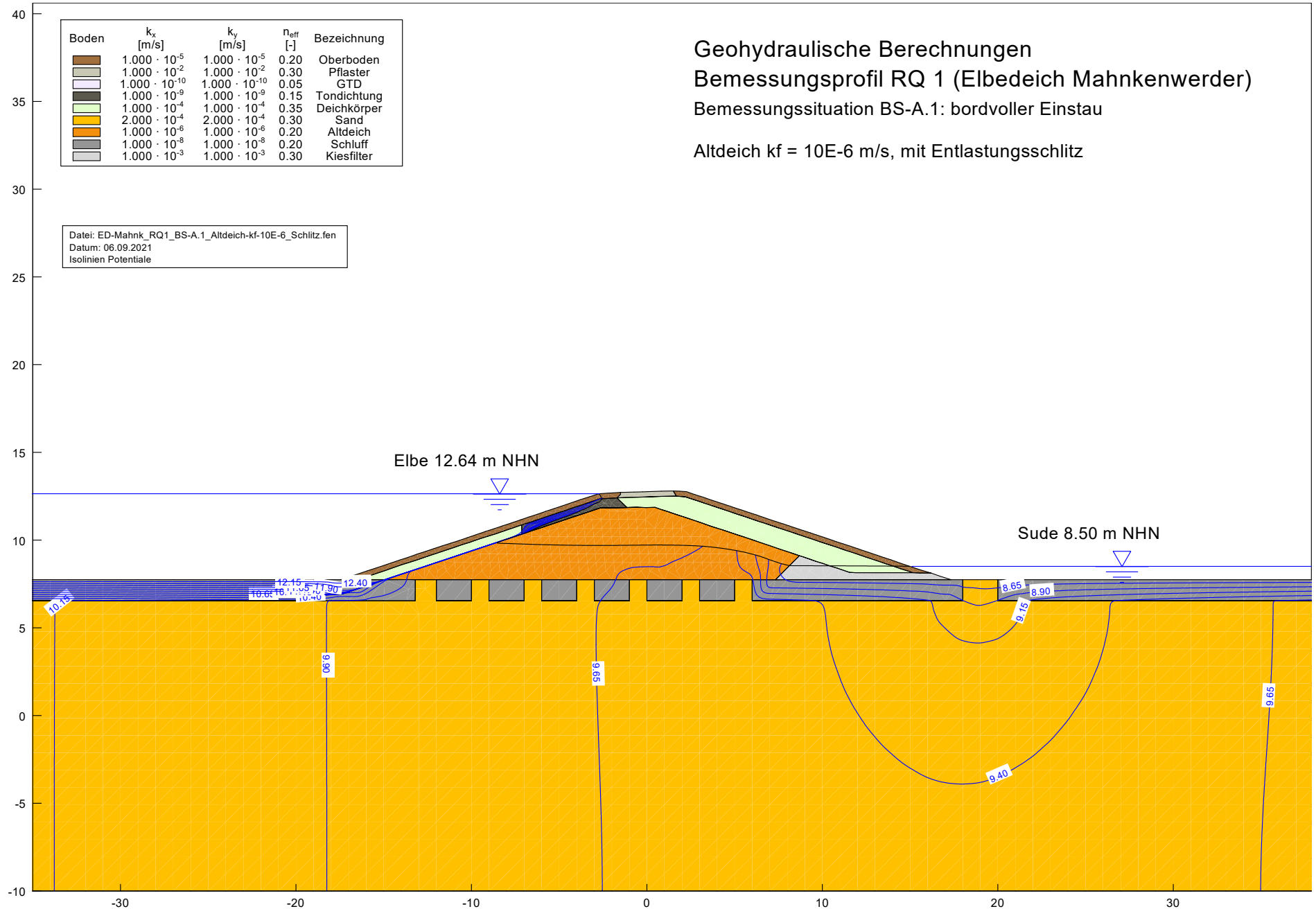
Datei: ED-Mahnk_RQ1_BS-P.1_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.fen
Datum: 06.09.2021
Isolinien Potentiale



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Schluff
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	Kiesfilter

Datei: ED-Mahnk_RQ1_BS-A.1_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.fen
 Datum: 06.09.2021
 Isolinien Potentiale

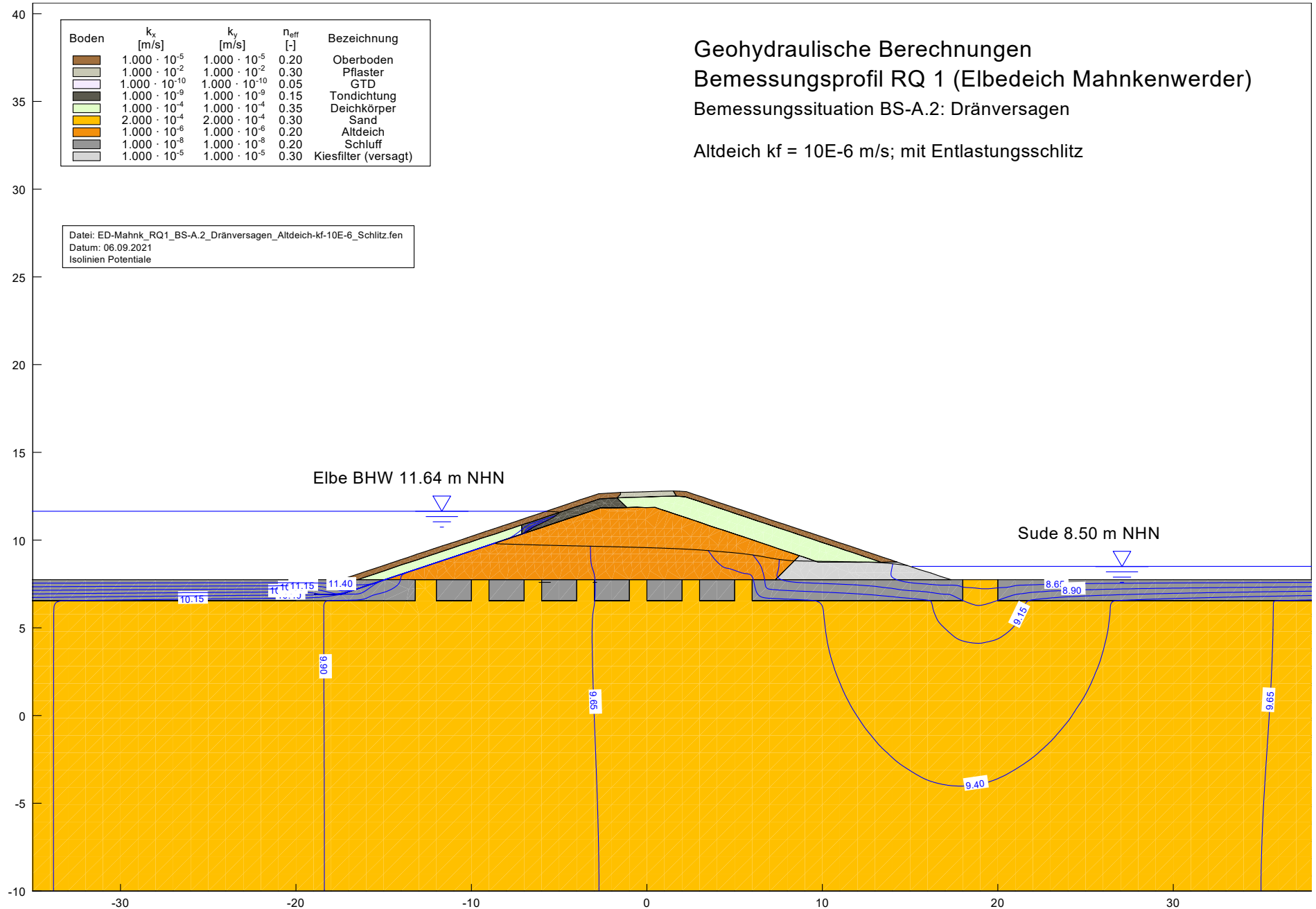
Geohydraulische Berechnungen
 Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-A.1: bordvoller Einstau
 Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s, mit Entlastungsschlitz



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Schluff
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.30	Kiesfilter (versagt)

Datei: ED-Mahnk_RQ1_BS-A.2_Dränversagen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.fen
 Datum: 06.09.2021
 Isollinien Potentiale

Geohydraulische Berechnungen
 Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-A.2: Dränversagen
 Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

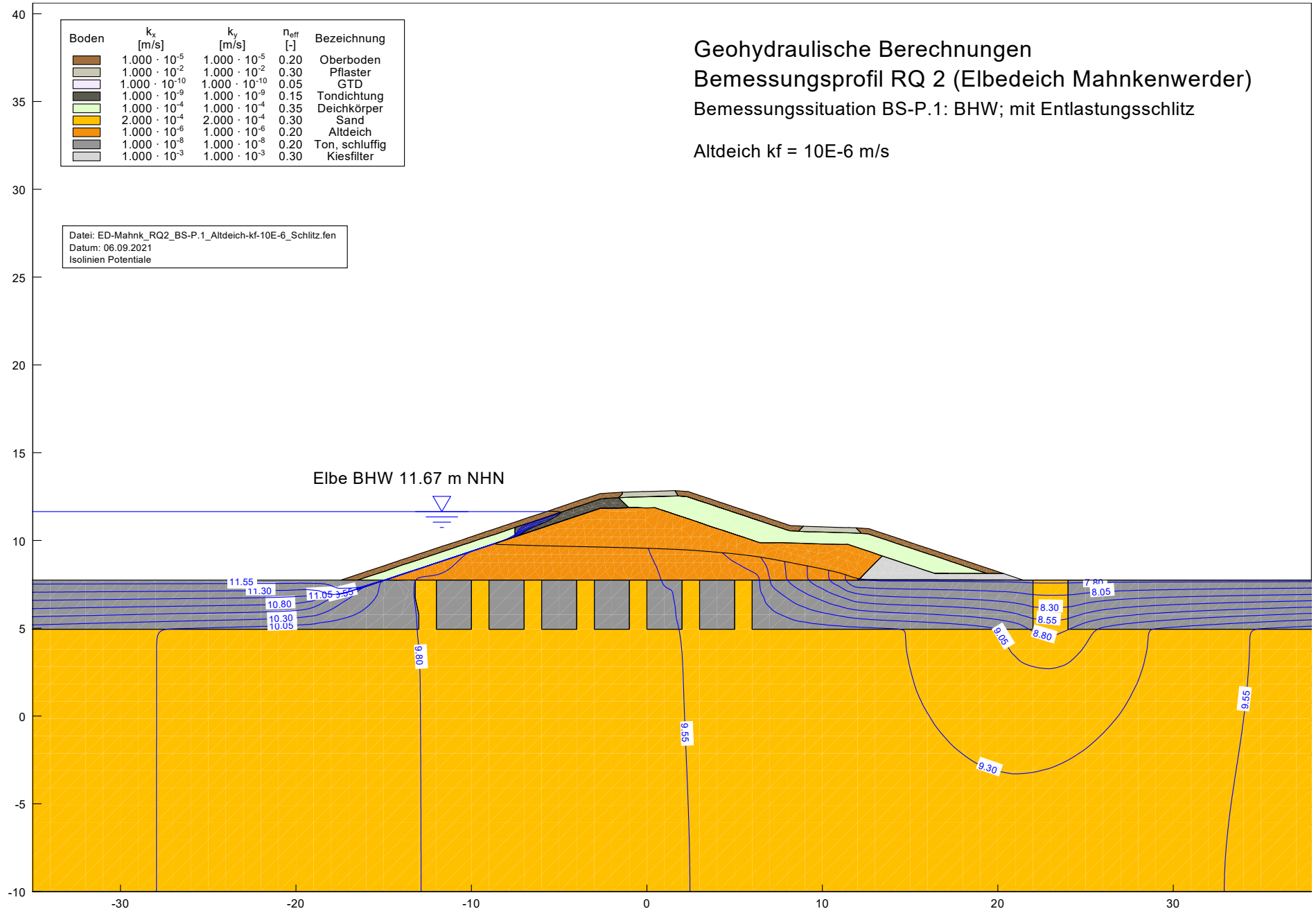


Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Ton, schluffig
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	Kiesfilter

Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-P.1_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.fen
 Datum: 06.09.2021
 Isolinien Potentiale

Geohydraulische Berechnungen
 Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-P.1: BHW; mit Entlastungsschlitz

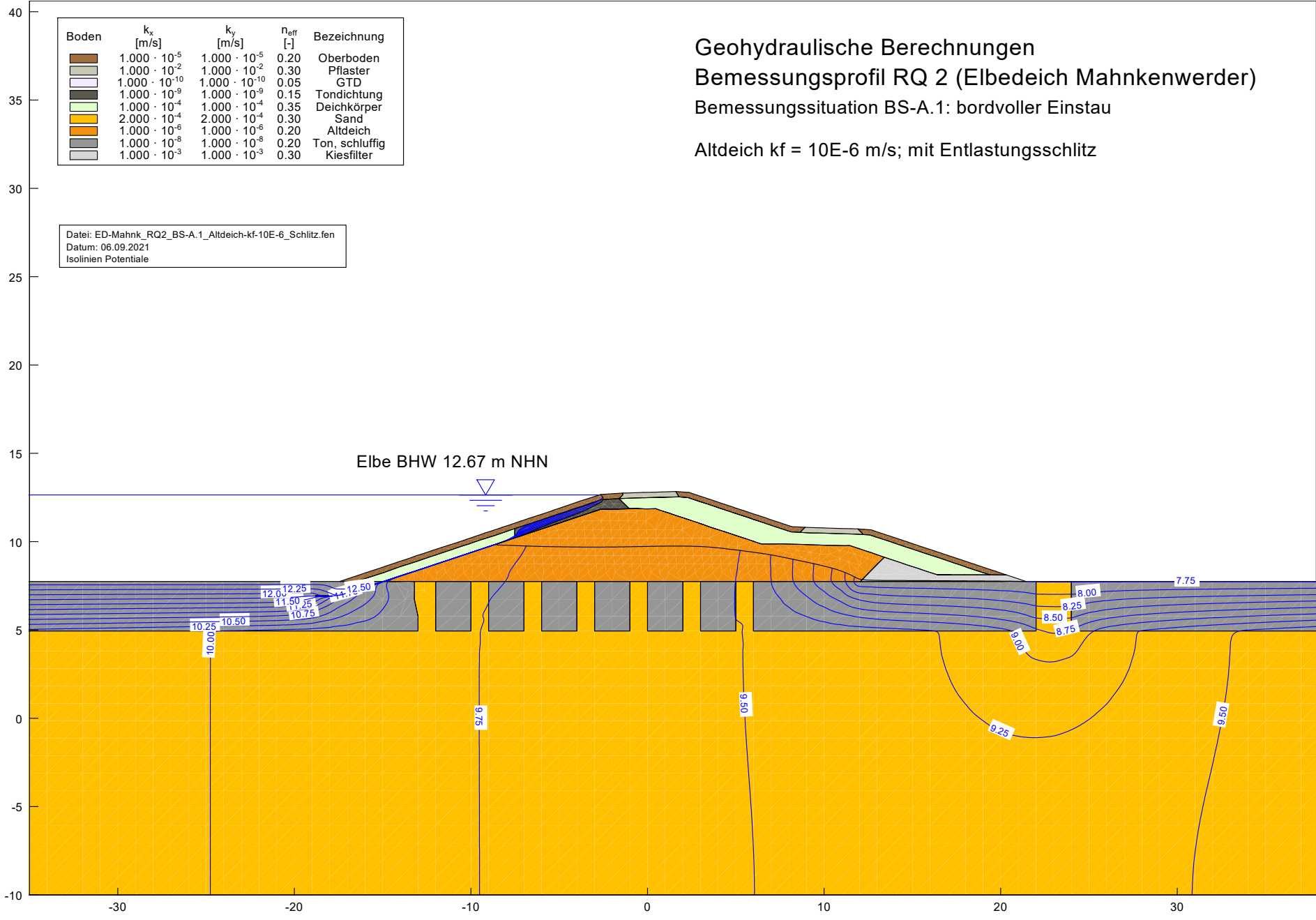
Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
[Brown]	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
[Grey]	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
[White]	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
[Dark Green]	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
[Light Green]	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
[Yellow]	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
[Orange]	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
[Dark Grey]	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Ton, schluffig
[Light Grey]	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	Kiesfilter

Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-A.1_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.fen
 Datum: 06.09.2021
 Isolinien Potentiale

Geohydraulische Berechnungen
 Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-A.1: bordvoller Einstau
 Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

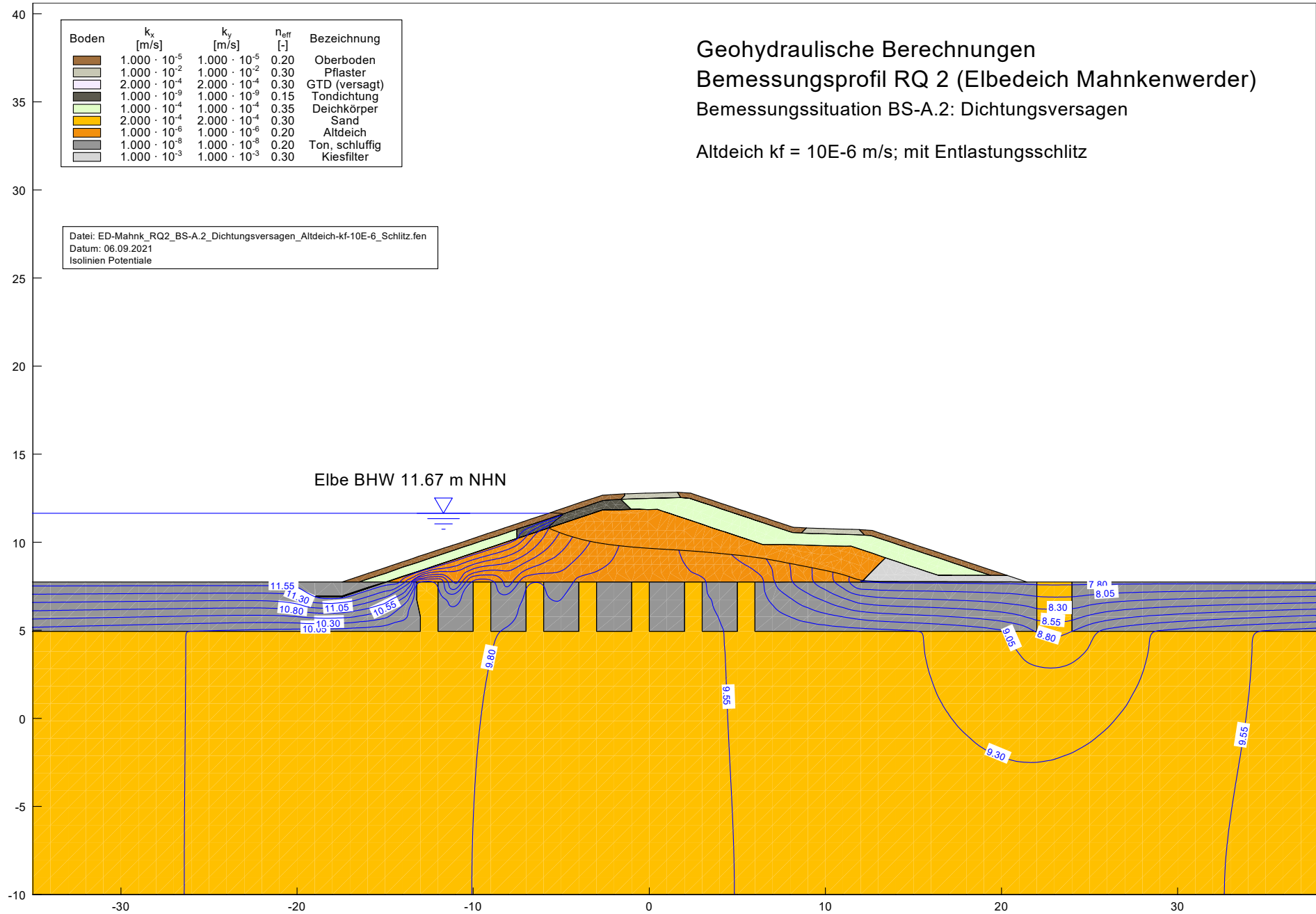


Geohydraulische Berechnungen
Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-A.2: Dichtungsversagen

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	GTD (versagt)
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Ton, schluffig
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	Kiesfilter

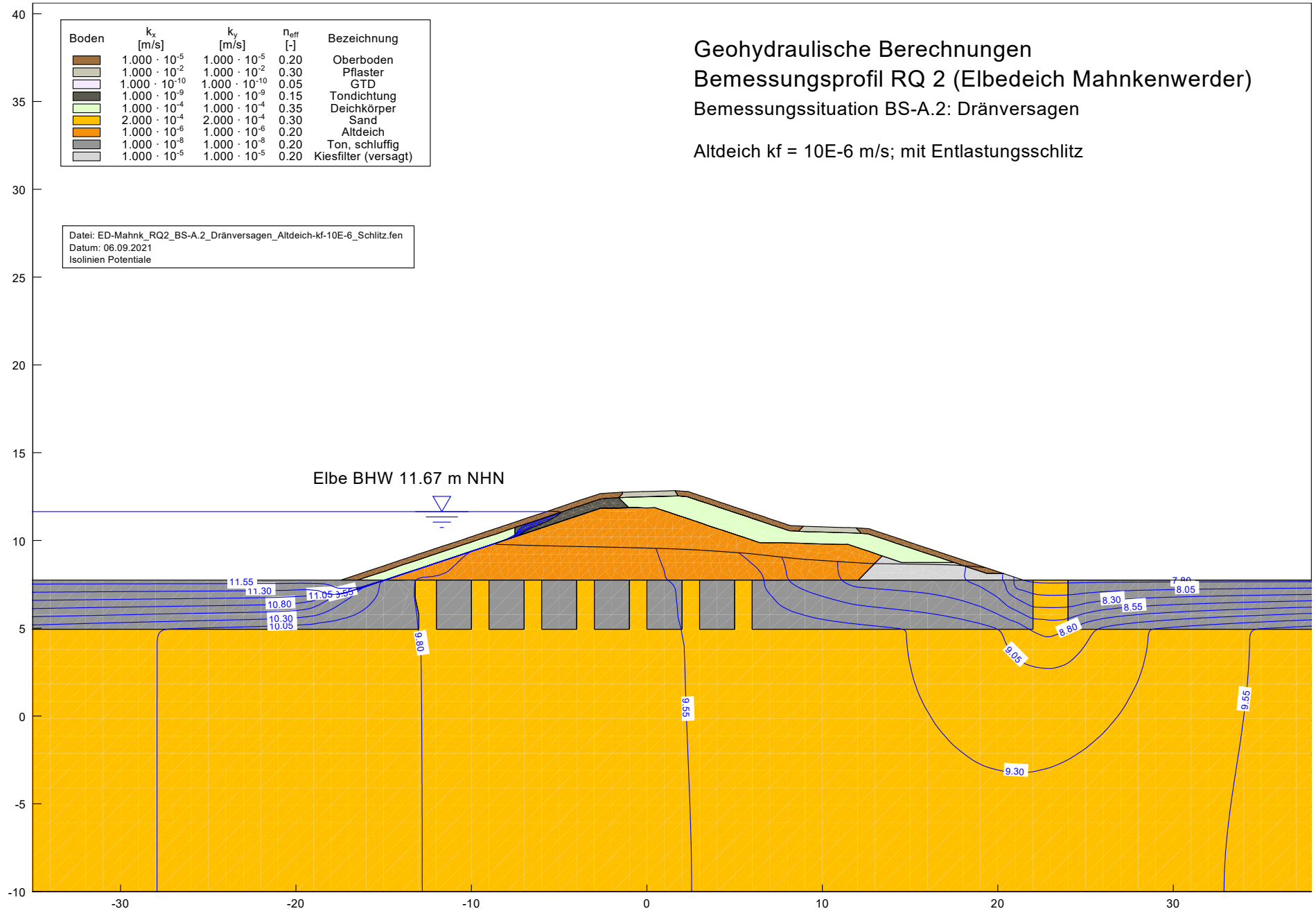
Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-A.2_Dichtungsversagen_Altdeich-kf10E-6_Schlitz.fen
Datum: 06.09.2021
Isolinien Potentiale



Geohydraulische Berechnungen
Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-A.2: Dränversagen
Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	Ton, schluffig
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Kiesfilter (versagt)

Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-A.2_Dränversagen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.fen
Datum: 06.09.2021
Isolinien Potentiale



ANLAGE 3 - POTENTIALLINIENVERTEILUNG AUS DEN INSTATIONÄREN STRÖMUNGSBERECHNUNGEN

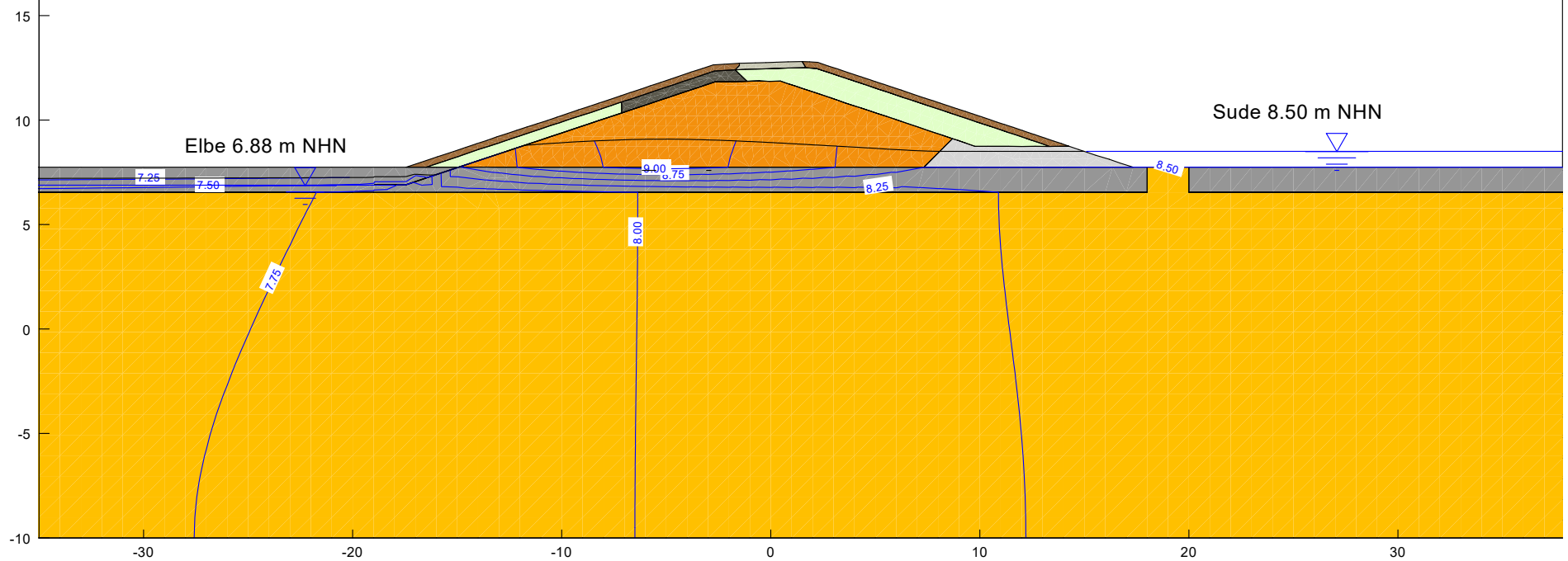
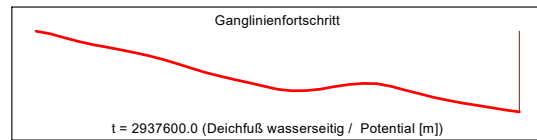
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	$1.000 \cdot 10^{-5}$	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Schluff
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Kiesfilter

Geohydraulische Berechnungen
Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-P.2: Sunk - fallendes Hochwasser

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

$t = 34d$ nach BHW Scheitel

Zeit = 2937600.0 Sekunden
Datei: ED-Mahnk_RQ1_BS-P.2_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz_t=34d.plw
Datum: 06.09.2021
Isolinien
Potentiale



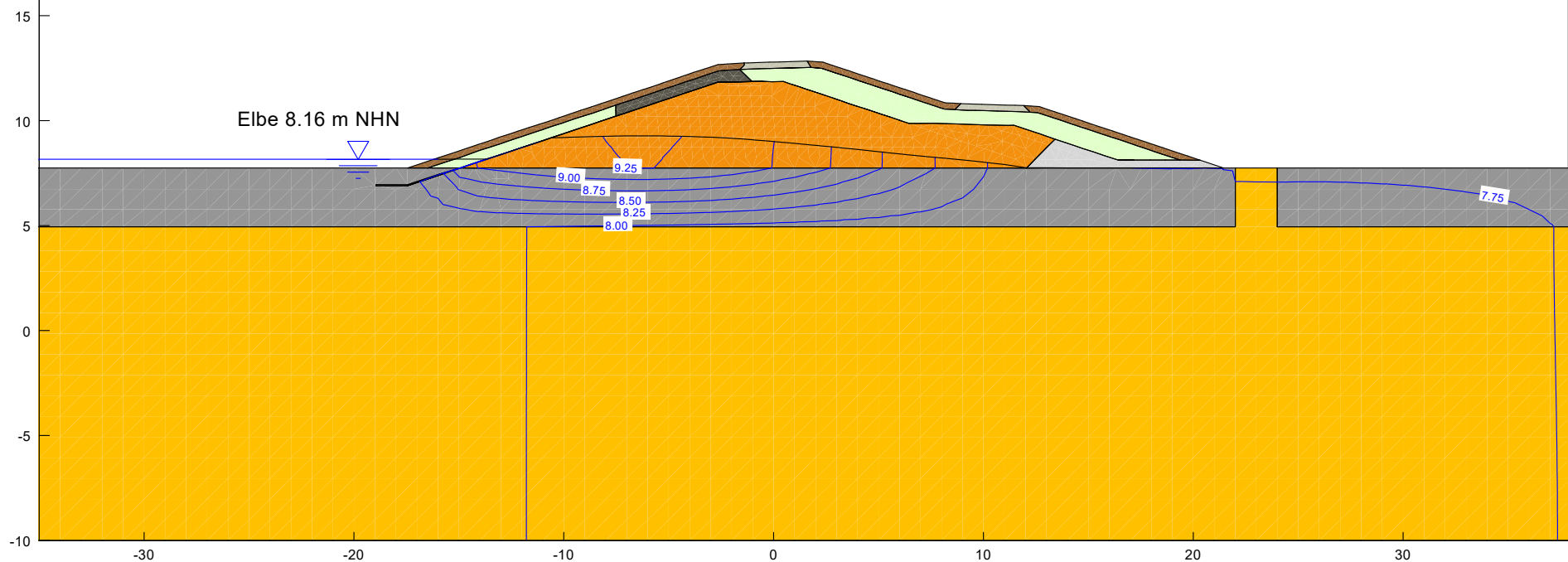
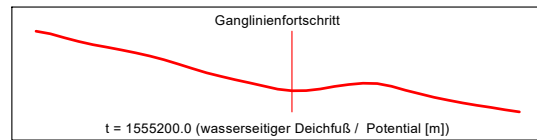
Geohydraulische Berechnungen
Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-P.2: Sunk - fallendes Hochwasser

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

$t = 18d$ nach BHW Scheitel

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
[Brown]	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Oberboden
[Grey]	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Pflaster
[White]	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	$1.000 \cdot 10^{-5}$	GTD
[Dark Grey]	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Tondichtung
[Light Green]	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Deichkörper
[Orange]	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Sand
[Yellow]	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Altdeich
[Dark Grey]	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Ton, schluffig
[Light Grey]	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Kiesfilter

Zeit = 1555200.0 Sekunden
Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-P.2_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz_t.plw
Datum: 06.09.2021
Isolinien
Potentiale



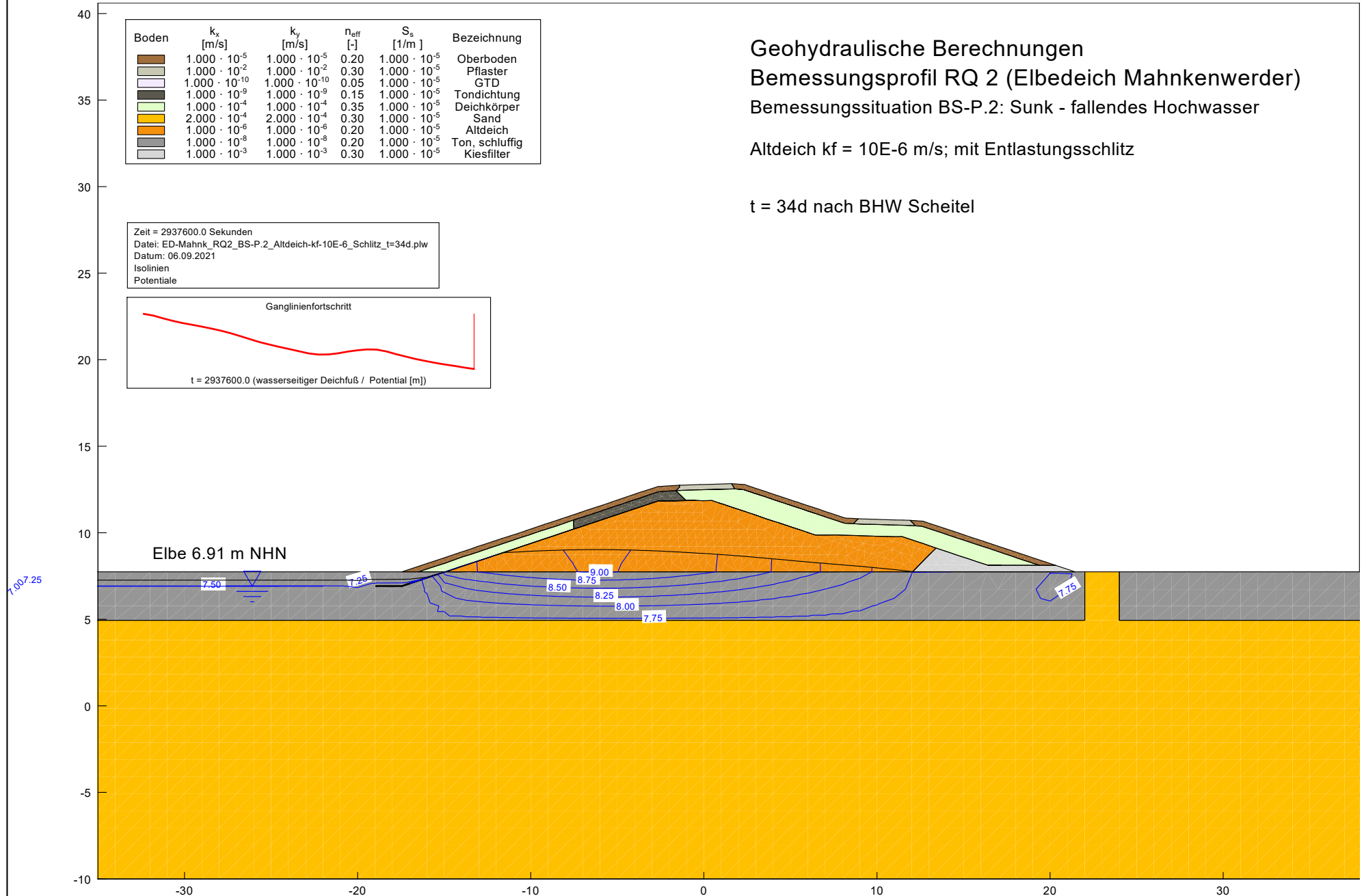
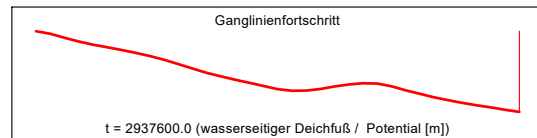
Geohydraulische Berechnungen
Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-P.2: Sunk - fallendes Hochwasser

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

$t = 34d$ nach BHW Scheitel

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Oberboden
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Pflaster
	$1.000 \cdot 10^{-10}$	$1.000 \cdot 10^{-10}$	0.05	$1.000 \cdot 10^{-5}$	GTD
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Tondichtung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.35	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Deichkörper
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Sand
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Altdeich
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Ton, schluffig
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.30	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Kiesfilter

Zeit = 2937600.0 Sekunden
Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-P.2_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz_t=34d.plw
Datum: 06.09.2021
Isolinien
Potentiale



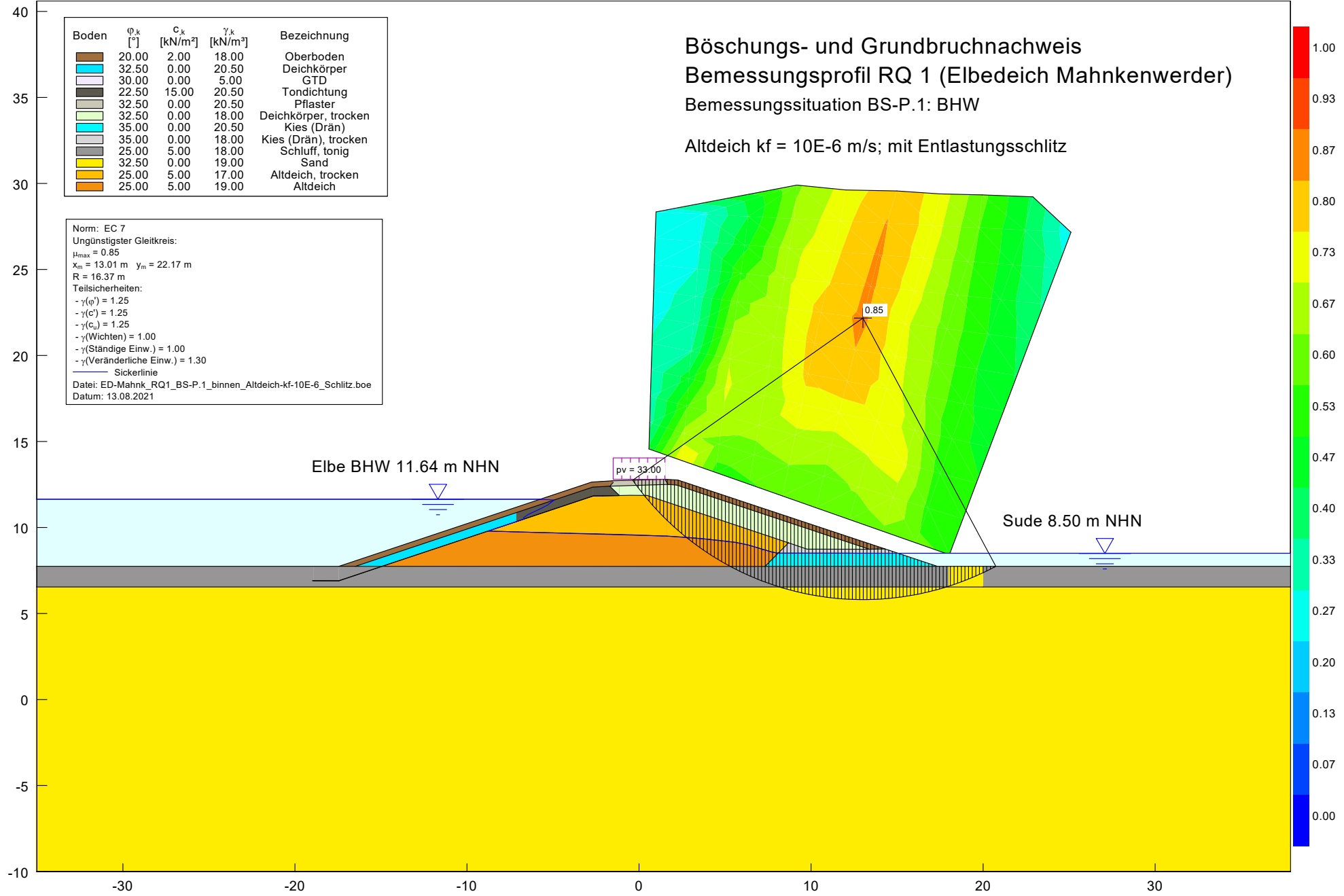
ANLAGE 4 - Böschungs- und Grundbruchnachweise

Böschungs- und Grundbruchnachweis
Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-P.1: BHW

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Brown]	20.00	2.00	18.00	Oberboden
[Light Blue]	32.50	0.00	20.50	Deichkörper
[White]	30.00	0.00	5.00	GTD
[Dark Grey]	22.50	15.00	20.50	Tondichtung
[Light Grey]	32.50	0.00	20.50	Pflaster
[Light Green]	32.50	0.00	18.00	Deichkörper, trocken
[Cyan]	35.00	0.00	20.50	Kies (Drän)
[Light Blue-Gray]	35.00	0.00	18.00	Kies (Drän), trocken
[Dark Grey]	25.00	5.00	18.00	Schluff, tonig
[Yellow]	32.50	0.00	19.00	Sand
[Orange]	25.00	5.00	17.00	Altdeich, trocken
[Dark Orange]	25.00	5.00	19.00	Altdeich

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.85$
 $x_m = 13.01$ m $y_m = 22.17$ m
 $R = 16.37$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Sickerlinie
Datei: ED-Mahnk_RQ1_BS-P.1_binnen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.boe
Datum: 13.08.2021

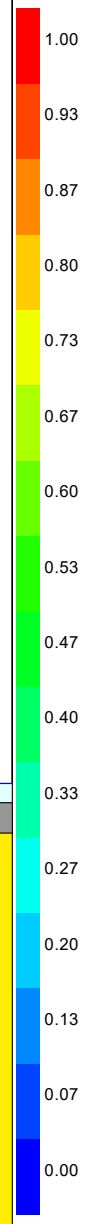


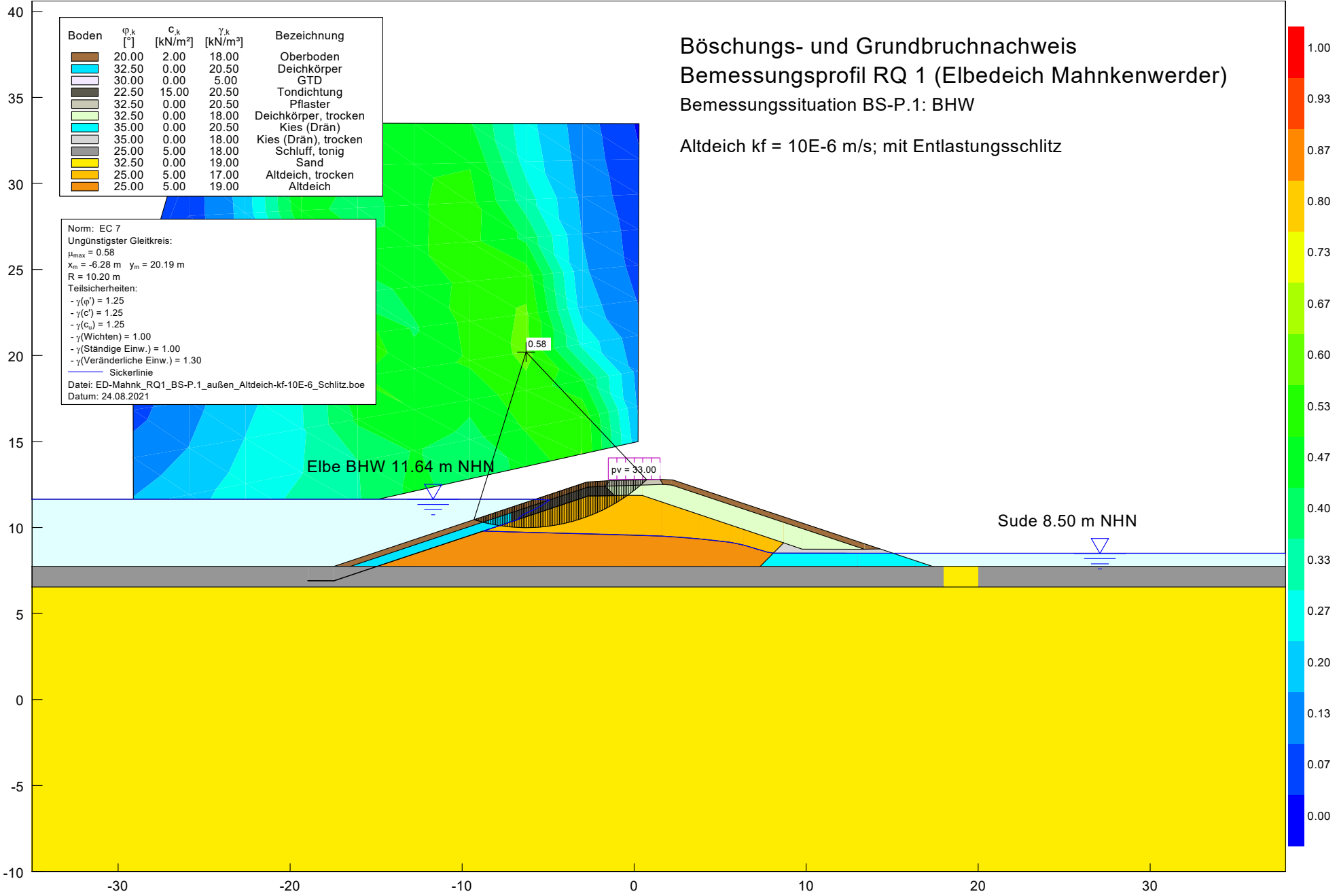
Elbe BHW 11.64 m NHN

pv = 32.00

Sude 8.50 m NHN

0.85

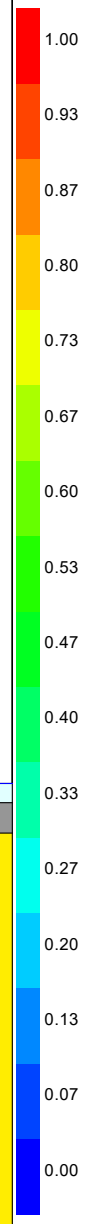


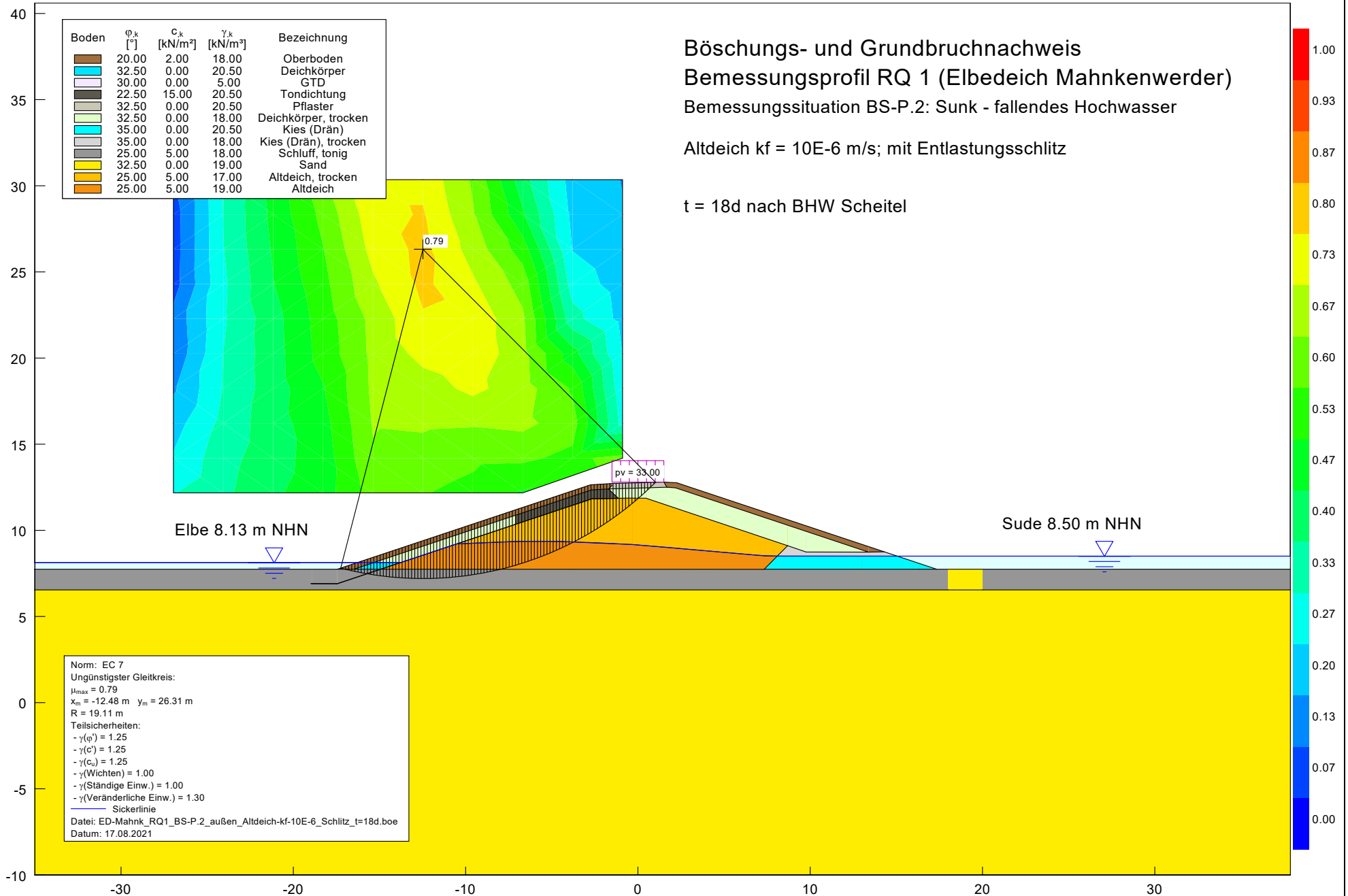


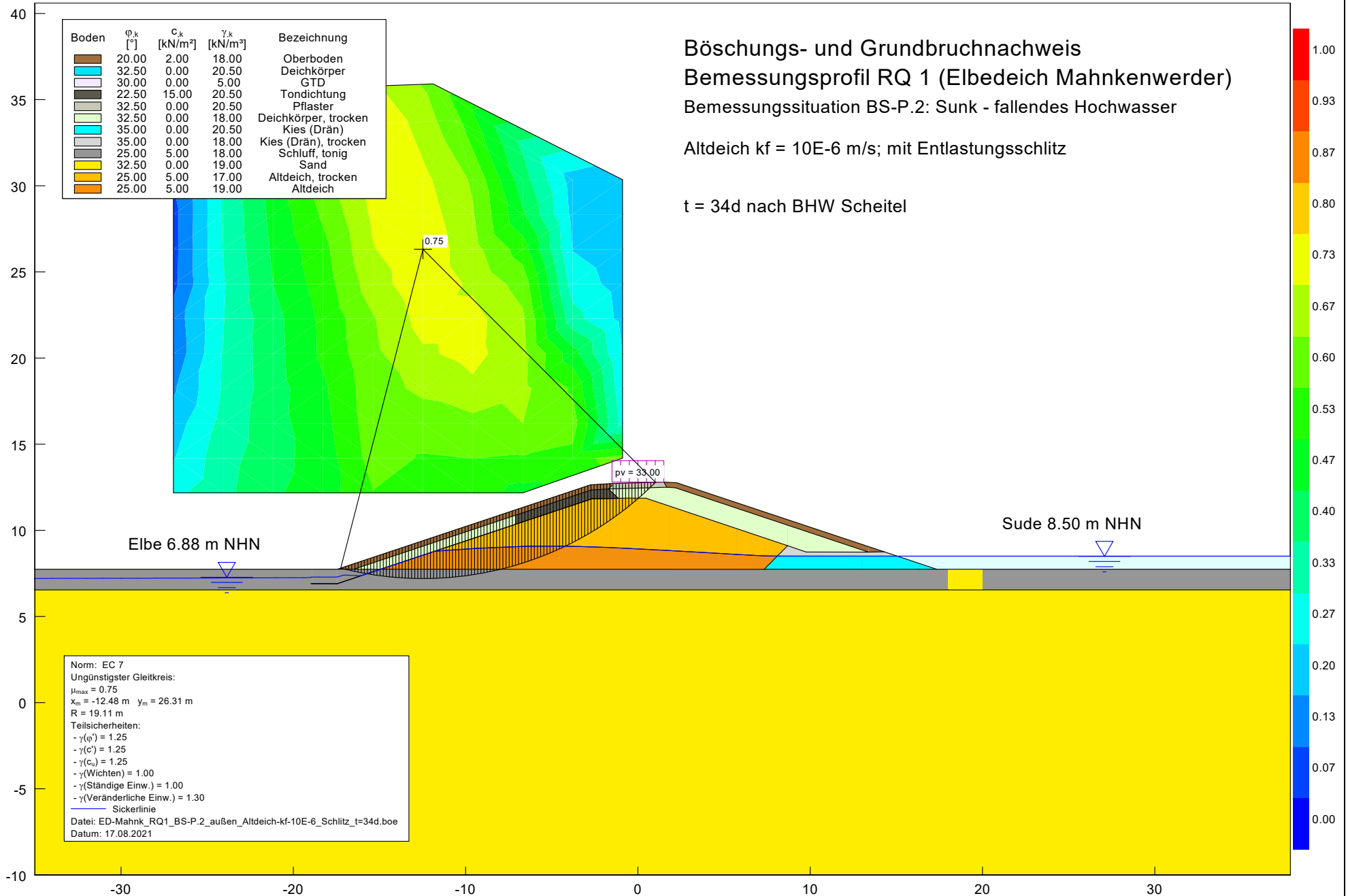
Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Brown]	20.00	2.00	18.00	Oberboden
[Cyan]	32.50	0.00	20.50	Deichkörper
[White]	30.00	0.00	5.00	GTD
[Dark Grey]	22.50	15.00	20.50	Tondichtung
[Light Grey]	32.50	0.00	20.50	Pflaster
[Light Green]	32.50	0.00	18.00	Deichkörper, trocken
[Light Blue]	35.00	0.00	20.50	Kies (Drän)
[Light Yellow]	35.00	0.00	18.00	Kies (Drän), trocken
[Dark Grey]	25.00	5.00	18.00	Schluff, tonig
[Yellow]	32.50	0.00	19.00	Sand
[Orange]	25.00	5.00	17.00	Altdeich, trocken
[Dark Orange]	25.00	5.00	19.00	Altdeich

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.58$
 $x_m = -6.28$ m $y_m = 20.19$ m
 $R = 10.20$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_k) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Sickerlinie
 Datei: ED-Mahnk_RQ1_BS-P.1_außen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.boe
 Datum: 24.08.2021

Böschungs- und Grundbruchnachweis
 Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-P.1: BHW
 Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz







Böschungs- und Grundbruchnachweis
 Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.2: Sunk - fallendes Hochwasser

Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

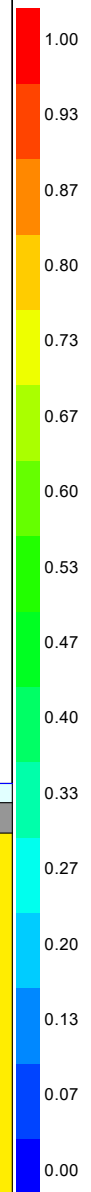
$t = 34$ d nach BHW Scheitel

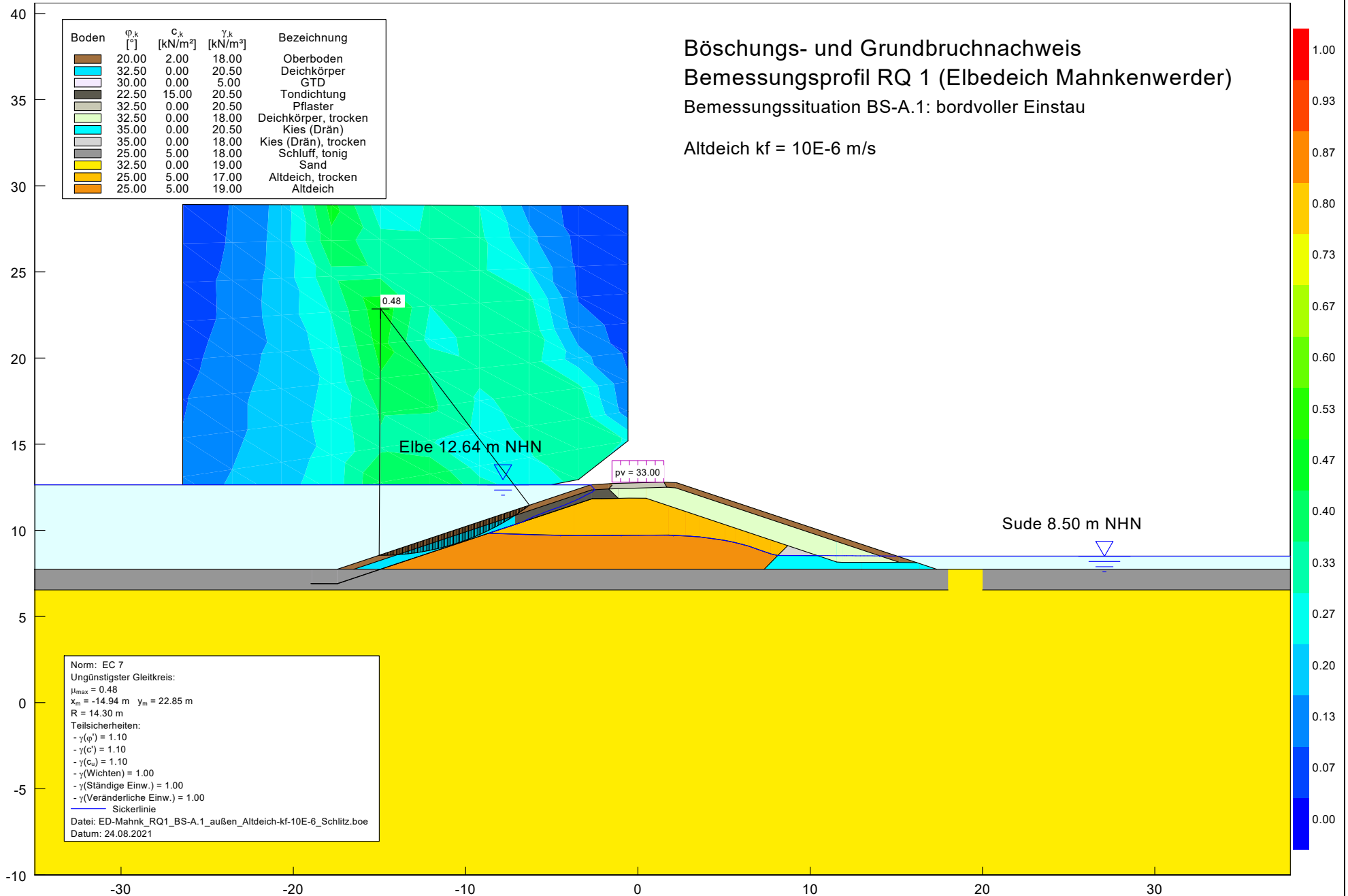
Elbe 6.88 m NHN

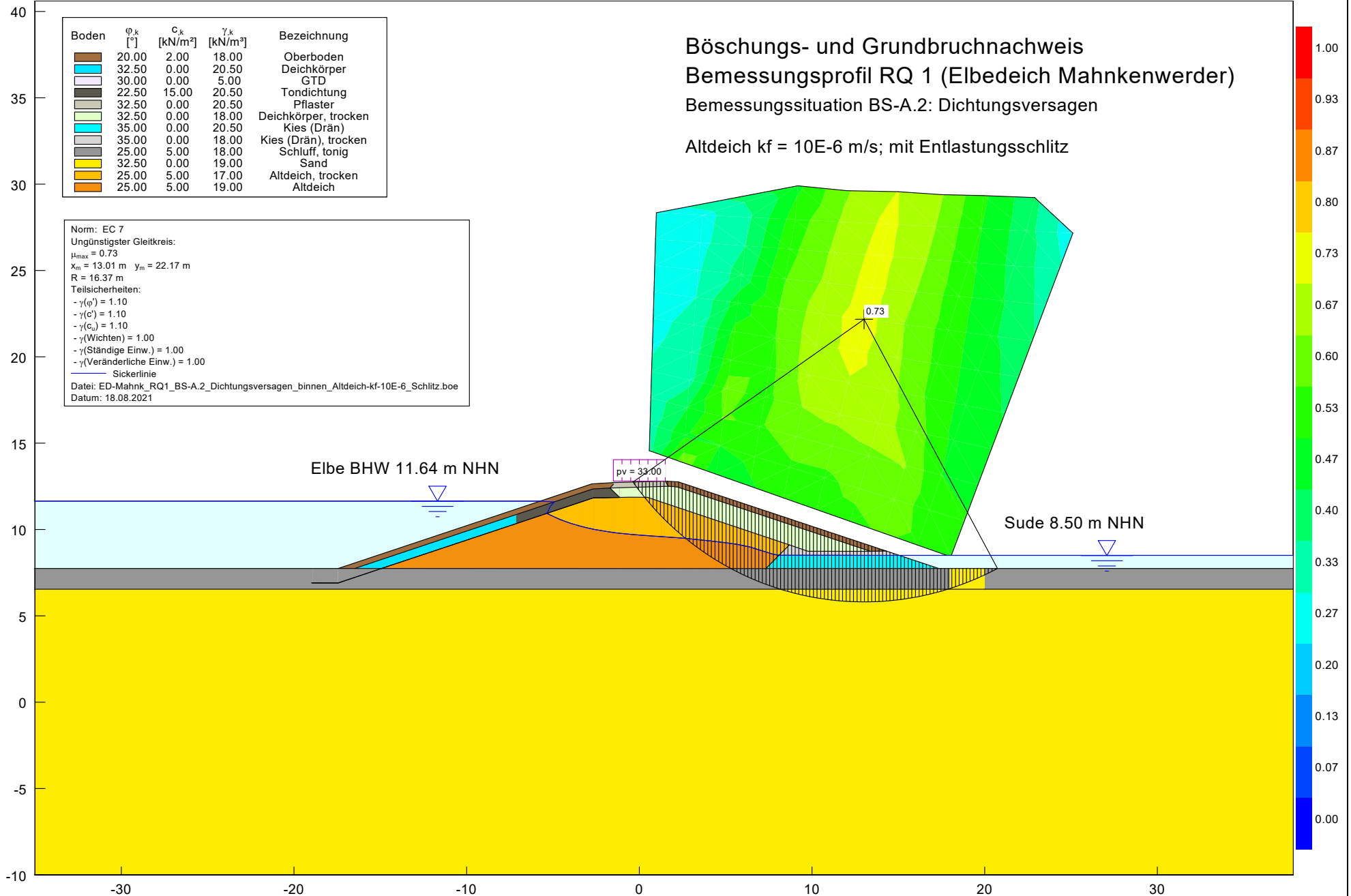
Sude 8.50 m NHN

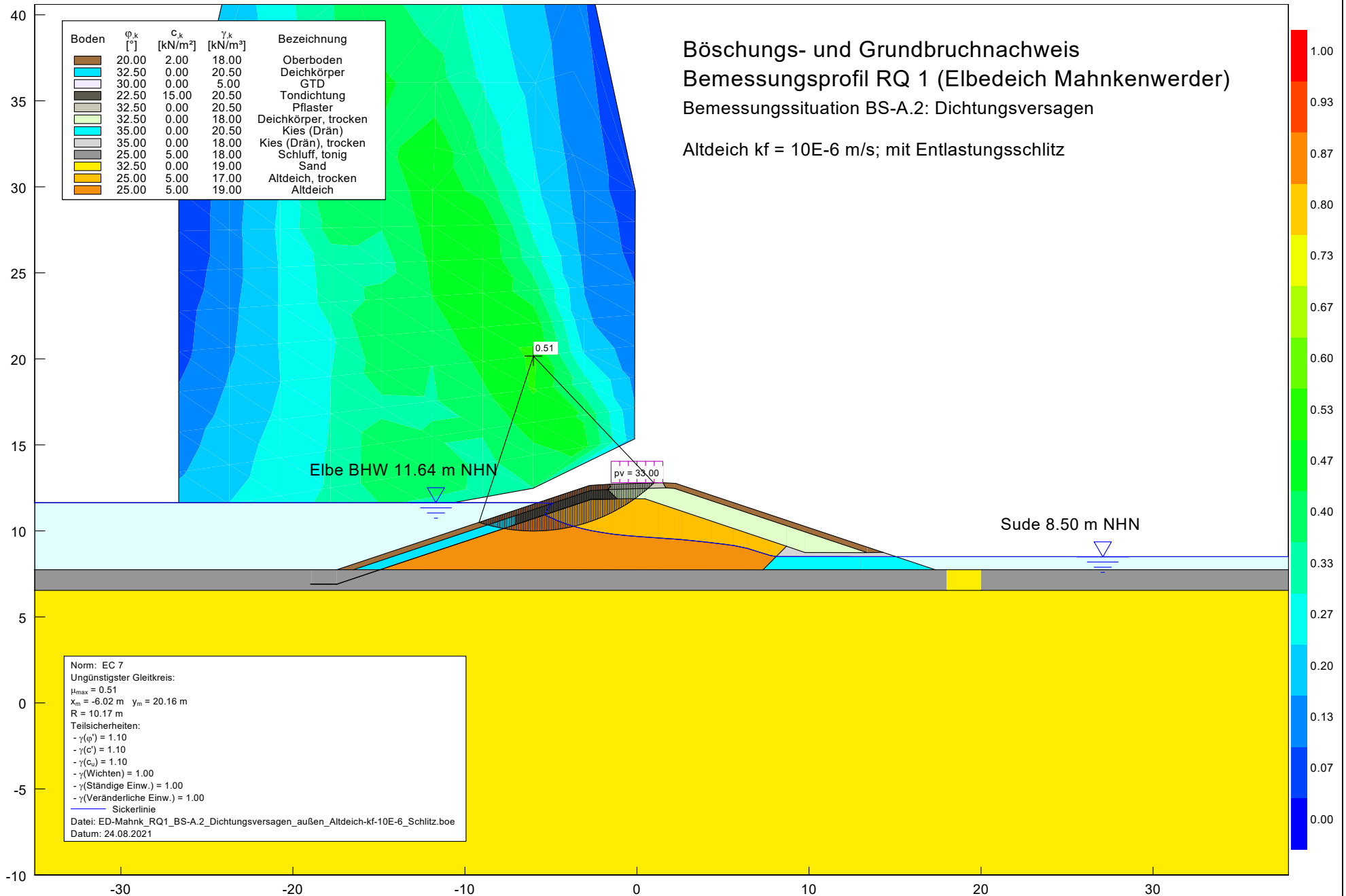
pv = 33.00

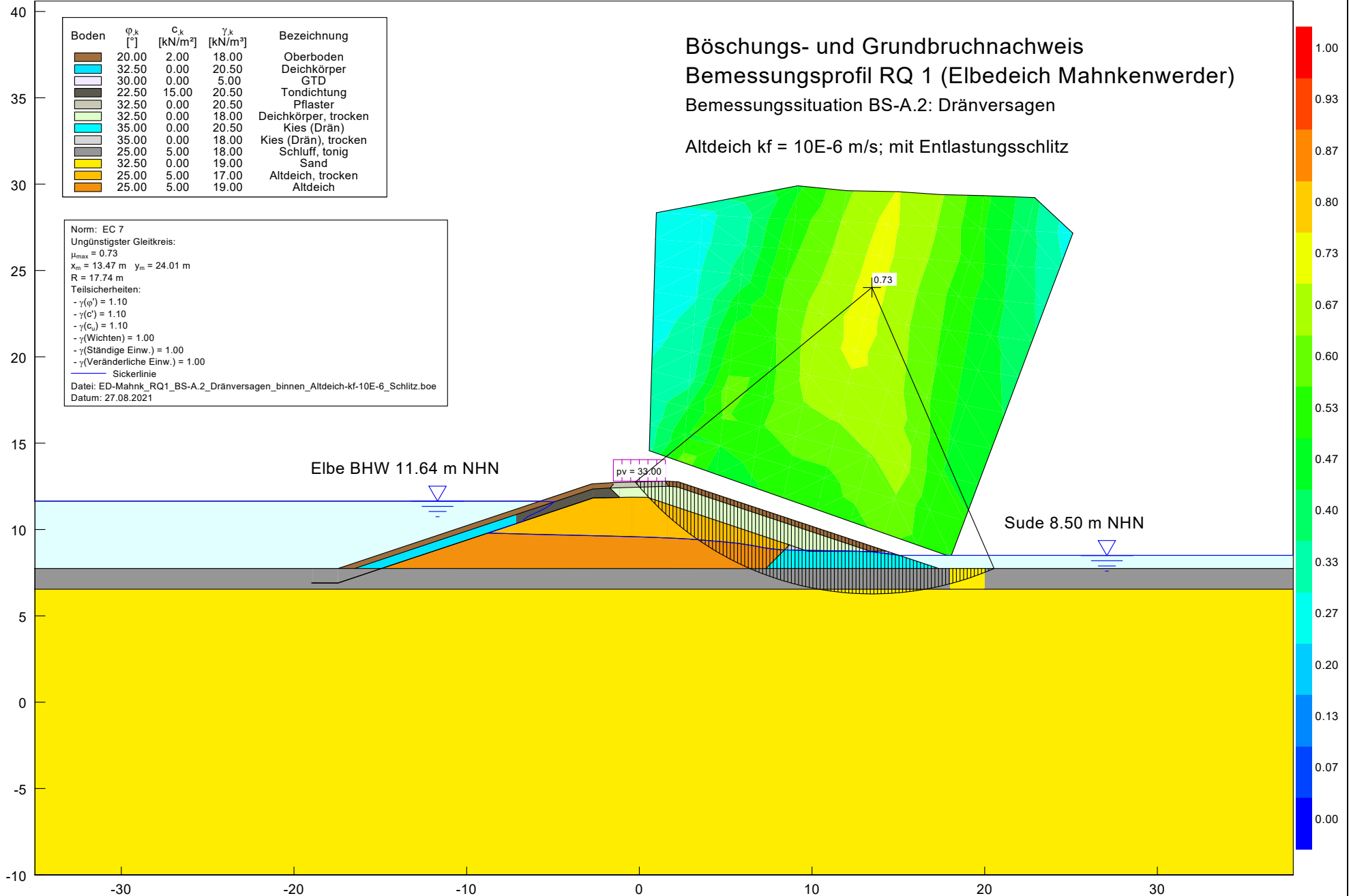
0.75

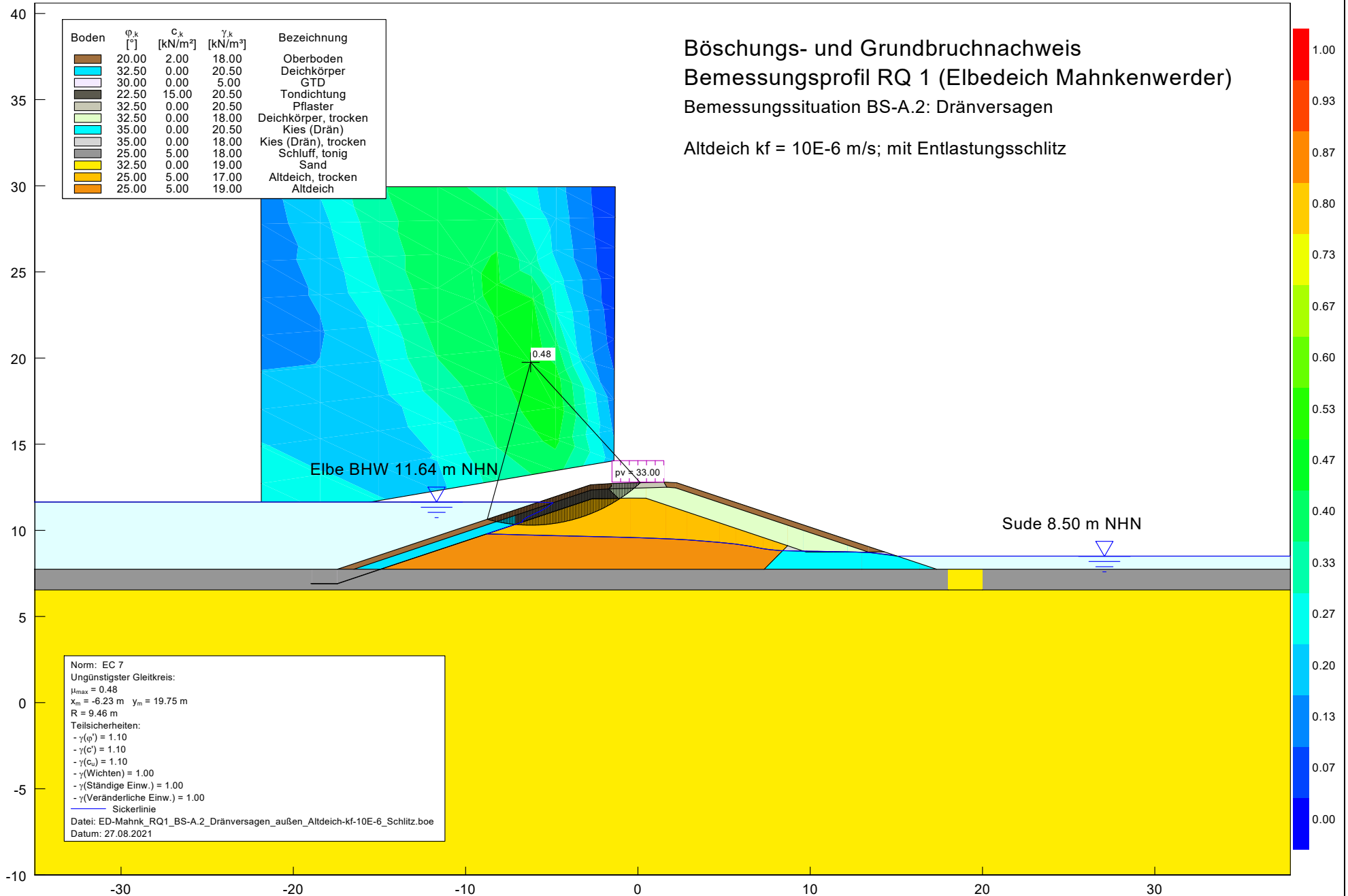


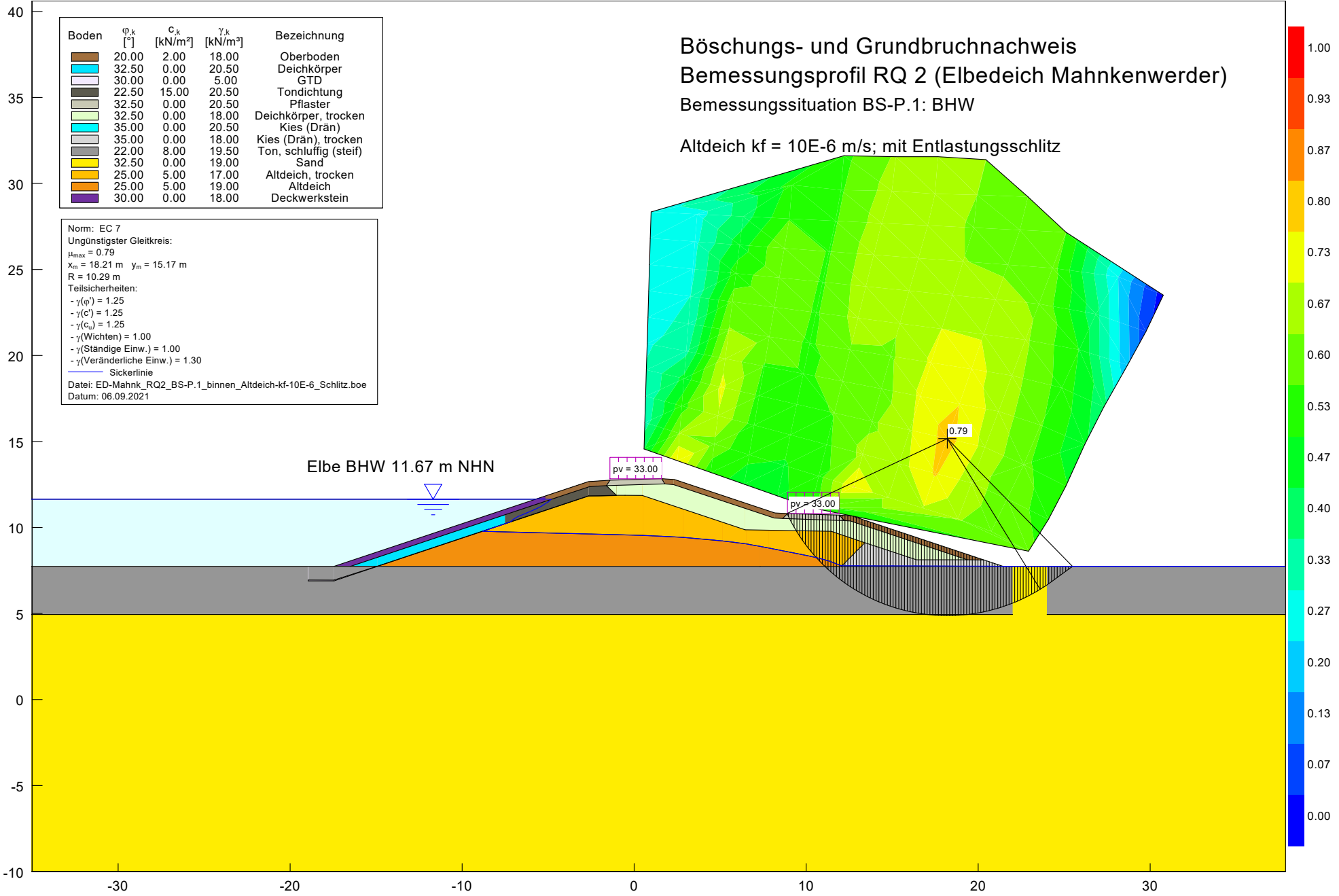








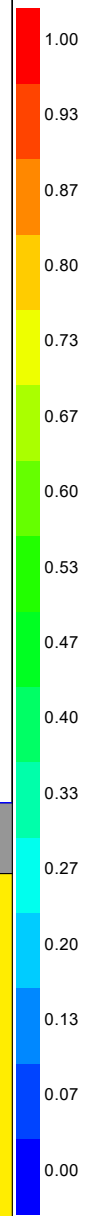


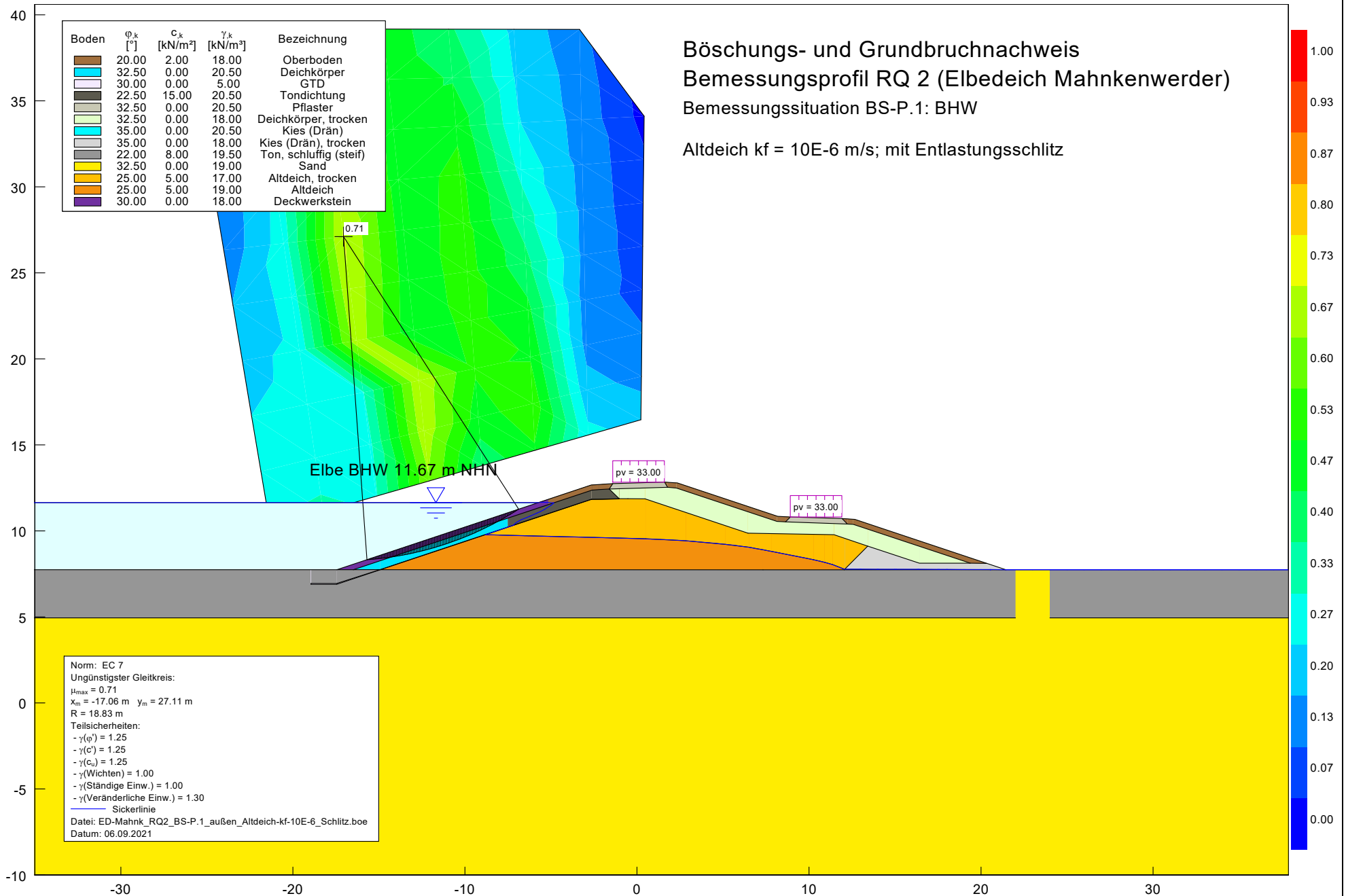


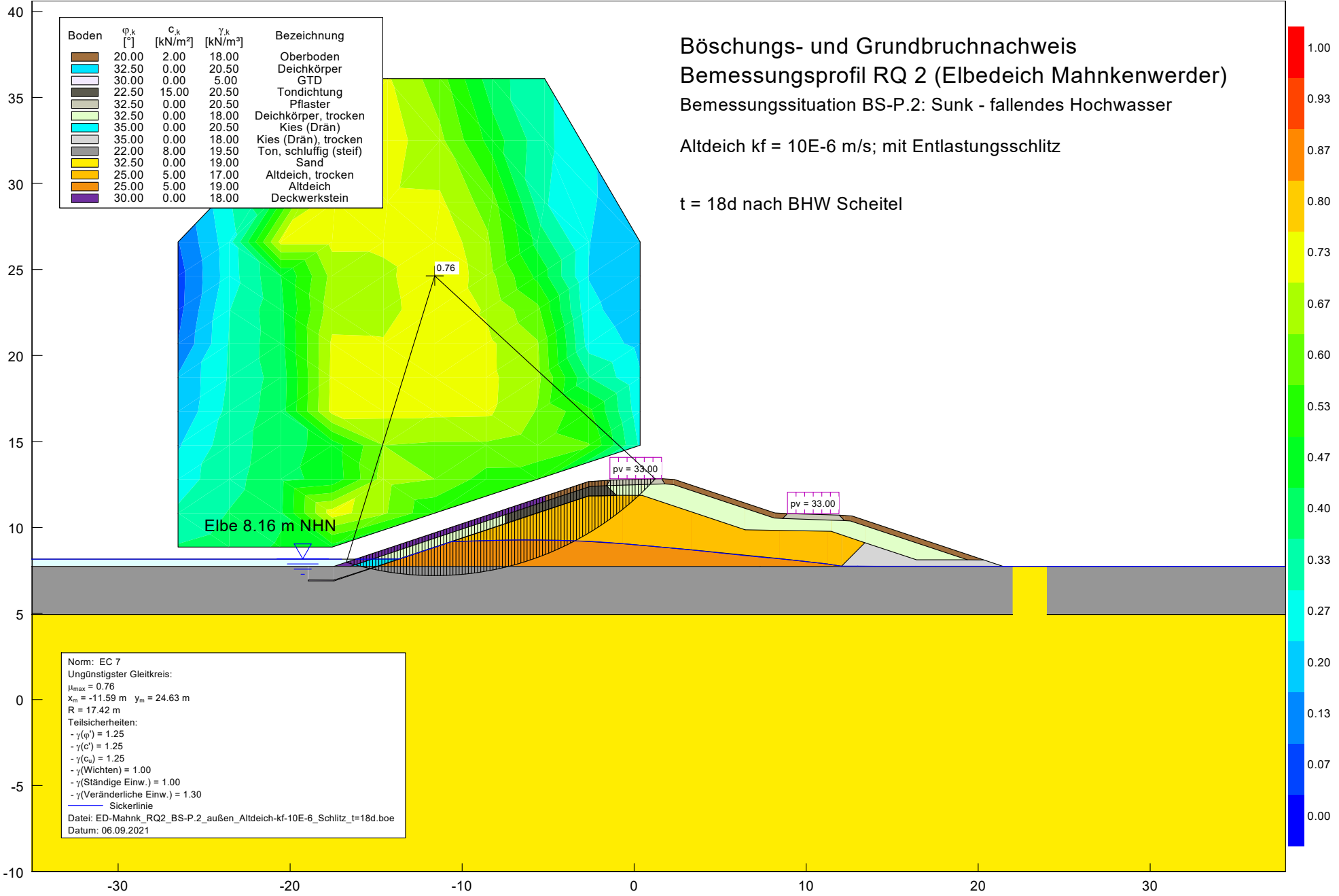
Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Brown]	20.00	2.00	18.00	Oberboden
[Cyan]	32.50	0.00	20.50	Deichkörper
[White]	30.00	0.00	5.00	GTD
[Dark Grey]	22.50	15.00	20.50	Tondichtung
[Light Grey]	32.50	0.00	20.50	Pflaster
[Light Green]	32.50	0.00	18.00	Deichkörper, trocken
[Cyan]	35.00	0.00	20.50	Kies (Drän)
[Light Grey]	35.00	0.00	18.00	Kies (Drän), trocken
[Dark Grey]	22.00	8.00	19.50	Ton, schluffig (steif)
[Yellow]	32.50	0.00	19.00	Sand
[Orange]	25.00	5.00	17.00	Altdeich, trocken
[Light Orange]	25.00	5.00	19.00	Altdeich
[Purple]	30.00	0.00	18.00	Deckwerkstein

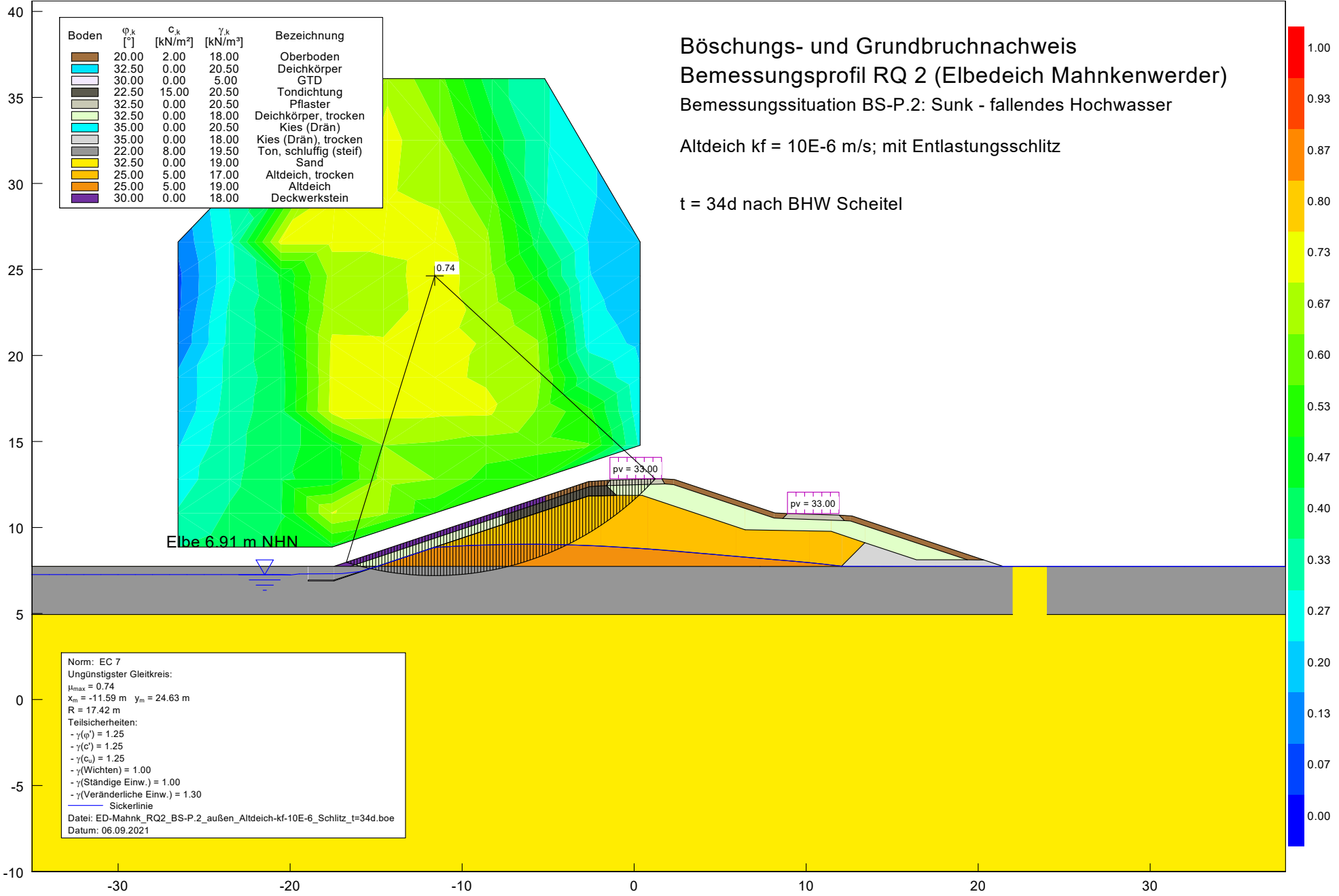
Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.79$
 $x_m = 18.21\text{ m}$ $y_m = 15.17\text{ m}$
 $R = 10.29\text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Sickerlinie
 Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-P.1_binnen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.boe
 Datum: 06.09.2021

Böschungs- und Grundbruchnachweis
 Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-P.1: BHW
 Altdeich $k_f = 10E-6\text{ m/s}$; mit Entlastungsschlitz





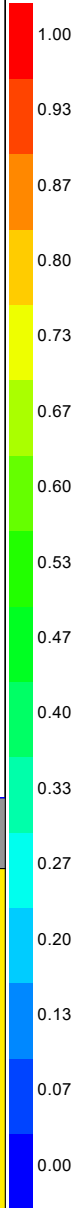


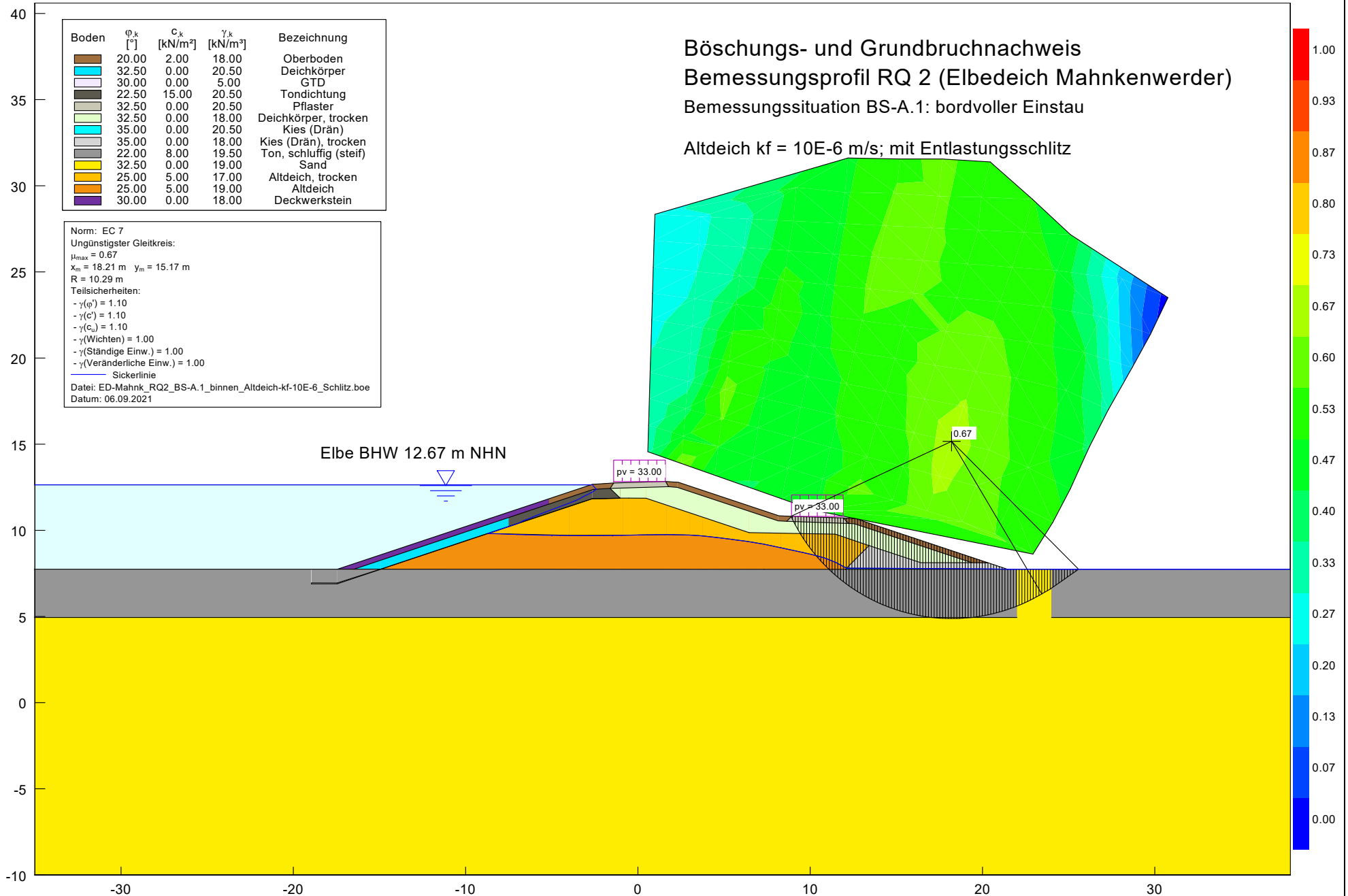


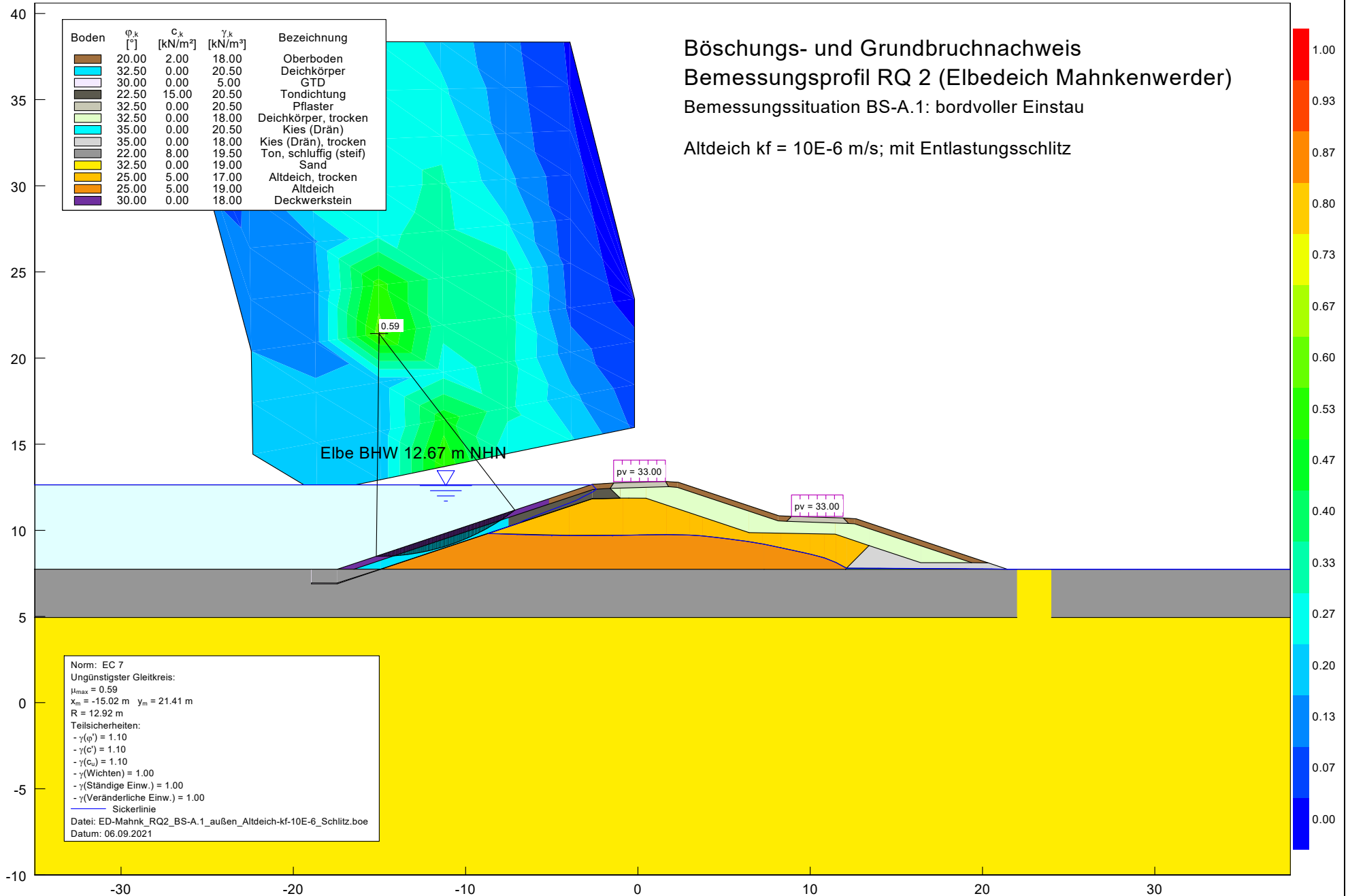
Böschungs- und Grundbruchnachweis
 Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-P.2: Sunk - fallendes Hochwasser

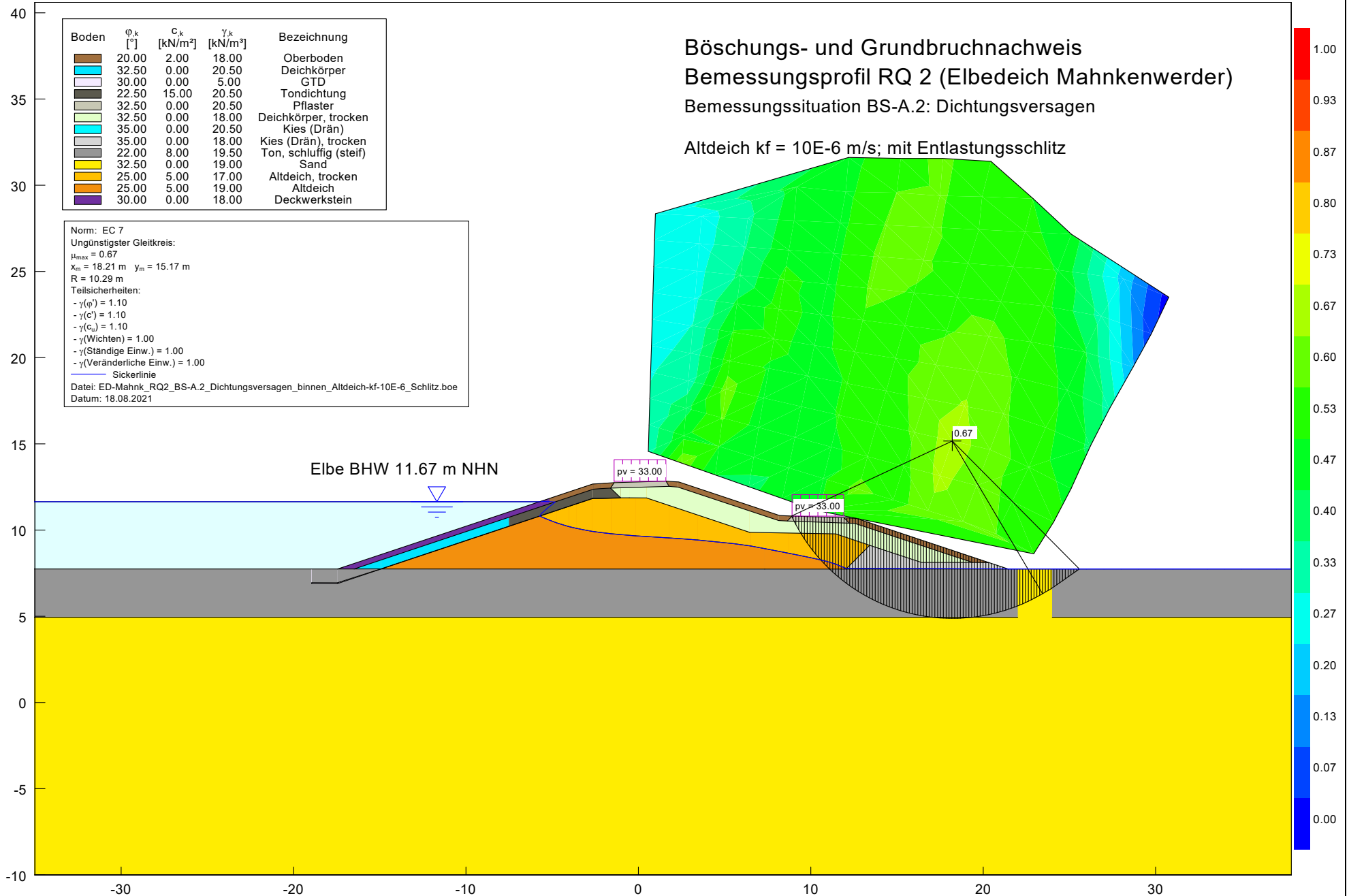
Altdeich $k_f = 10E-6$ m/s; mit Entlastungsschlitz

$t = 34d$ nach BHW Scheitel



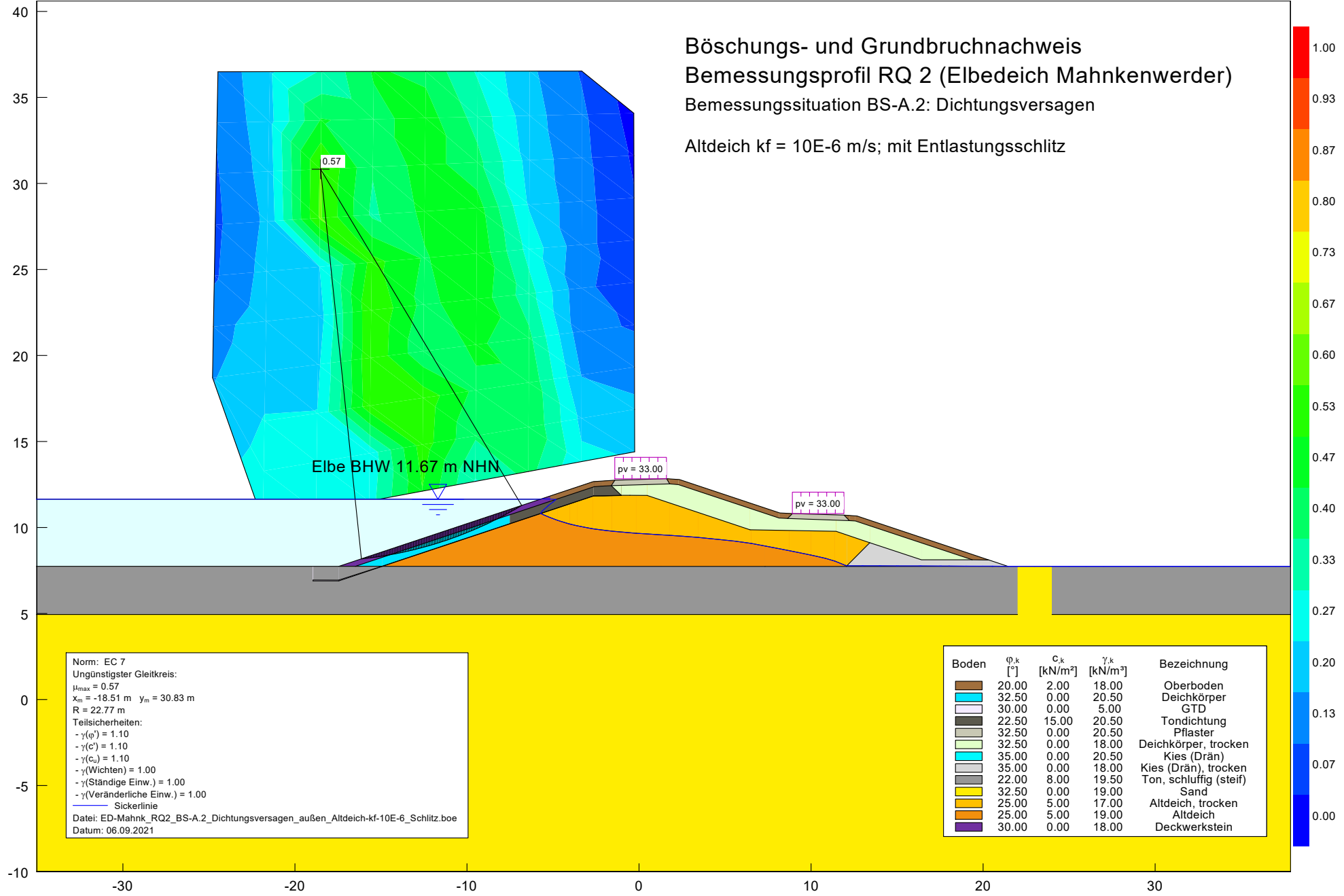






Böschungs- und Grundbruchnachweis
Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
Bemessungssituation BS-A.2: Dichtungsversagen

Altdeich kf = 10E-6 m/s; mit Entlastungsschlitz



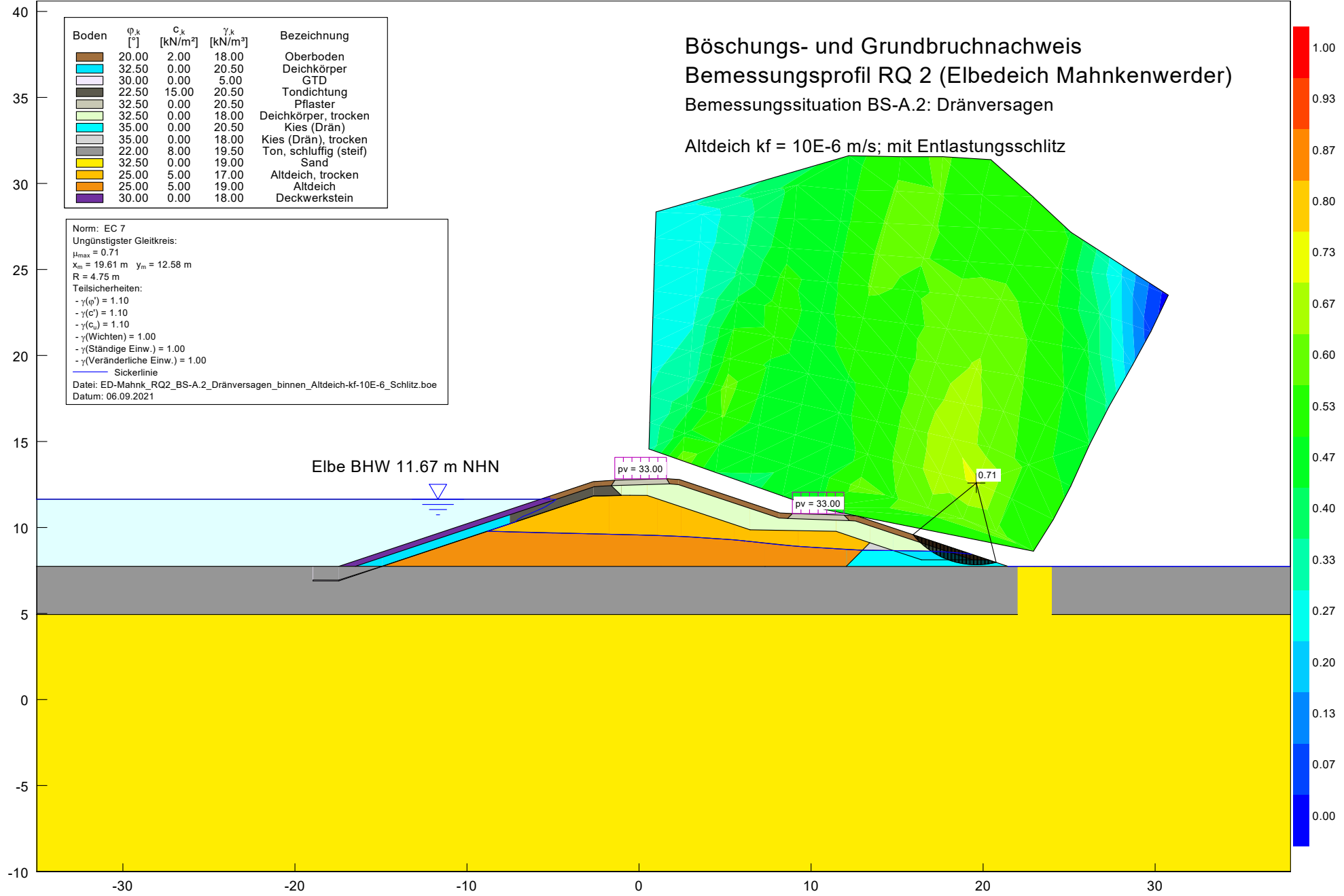
Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.57$
 $x_m = -18.51 \text{ m}$ $y_m = 30.83 \text{ m}$
 $R = 22.77 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.10$
 - $\gamma(c) = 1.10$
 - $\gamma(c_u) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$
 — Sickerlinie
 Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-A.2_Dichtungsversagen_außen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.boe
 Datum: 06.09.2021

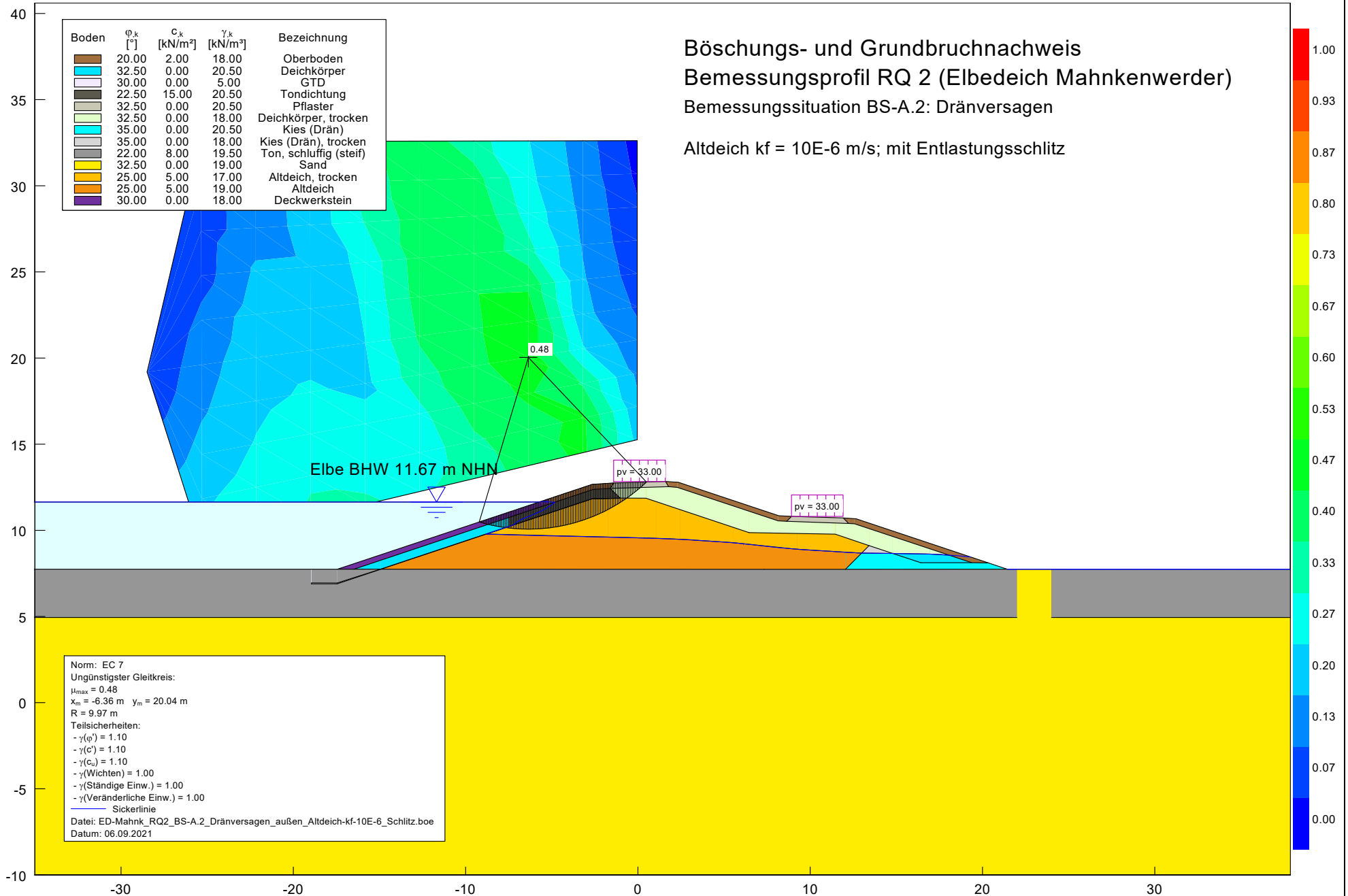
Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Brown]	20.00	2.00	18.00	Oberboden
[Light Blue]	32.50	0.00	20.50	Deichkörper
[White]	30.00	0.00	5.00	GTD
[Dark Grey]	22.50	15.00	20.50	Tondichtung
[Light Grey]	32.50	0.00	20.50	Pflaster
[Light Green]	32.50	0.00	18.00	Deichkörper, trocken
[Cyan]	35.00	0.00	20.50	Kies (Drän)
[Light Blue-Gray]	35.00	0.00	18.00	Kies (Drän), trocken
[Dark Grey]	22.00	8.00	19.50	Ton, schluffig (steif)
[Yellow]	32.50	0.00	19.00	Sand
[Orange]	25.00	5.00	17.00	Altdeich, trocken
[Brown]	25.00	5.00	19.00	Altdeich
[Purple]	30.00	0.00	18.00	Deckwerkstein

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	20.00	2.00	18.00	Oberboden
	32.50	0.00	20.50	Deichkörper
	30.00	0.00	5.00	GTD
	22.50	15.00	20.50	Tondichtung
	32.50	0.00	20.50	Pflaster
	32.50	0.00	18.00	Deichkörper, trocken
	35.00	0.00	20.50	Kies (Drän)
	35.00	0.00	18.00	Kies (Drän), trocken
	22.00	8.00	19.50	Ton, schluffig (steif)
	32.50	0.00	19.00	Sand
	25.00	5.00	17.00	Altdeich, trocken
	25.00	5.00	19.00	Altdeich
	30.00	0.00	18.00	Deckwerkstein

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.71$
 $x_m = 19.61 \text{ m}$ $y_m = 12.58 \text{ m}$
 $R = 4.75 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.10$
 - $\gamma(c) = 1.10$
 - $\gamma(c_s) = 1.10$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$
 Sickerlinie
 Datei: ED-Mahnk_RQ2_BS-A.2_Dränversagen_binnen_Altdeich-kf-10E-6_Schlitz.boe
 Datum: 06.09.2021

Böschungs- und Grundbruchnachweis
 Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-A.2: Dränversagen
 Altdeich $k_f = 10E-6 \text{ m/s}$; mit Entlastungsschlitz





ANLAGE 5 - GLEITNACHWEIS

Nachweis der Gleitsicherheit (GEO-2)

Der Nachweis gegen Gleiten ist erfüllt, wenn:

$$\frac{W_h \cdot \gamma_G}{(G_k + W_{v,k}) \cdot \frac{\tan \varphi'_k}{\gamma_{R,h}}} \leq 1,0$$

- mit:
- $W_{h,k}$ = horizontaler Wasserdruck (charakteristisch)
 - γ_G = Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen im Grenzzustand GEO-2
 - G_k = Eigenlast des Bodenkörpers (Deich)
 - $W_{v,k}$ = vertikaler Wasserdruck (charakteristisch)
 - φ' = Reibungswinkel im Untergrund
 - $\gamma_{R,h}$ = Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand im Grenzzustand GEO-2

Hinweise:

- der Nachweis wird für eine ebene Aufstandsfläche geführt.
- die Gleitfuge wird auf der sicheren Seite liegend unmittelbar an GOK angenommen, dadurch kann ein stützender Erdwiderstand vernachlässigt werden

Eingangswerte für die Bemessung:

Eingangswerte	RQ 1	RQ 2
Querschnittsfläche Deich	71,10 m ²	111,80 m ²
Wichte Deich gemittelt (teilw. u. Auftrieb)	10,00 kN/m ³	
Reibungswinkel Untergrund (Auesedimente)	22,00 kN/m ³	
Geländehöhe wasserseitig	7,74 m NHN	7,74 m NHN
Wasserstand BS-P.1	11,64 m NHN	11,67 m NHN
Wasserstand BS-A.1	12,64 m NHN	12,67 m NHN

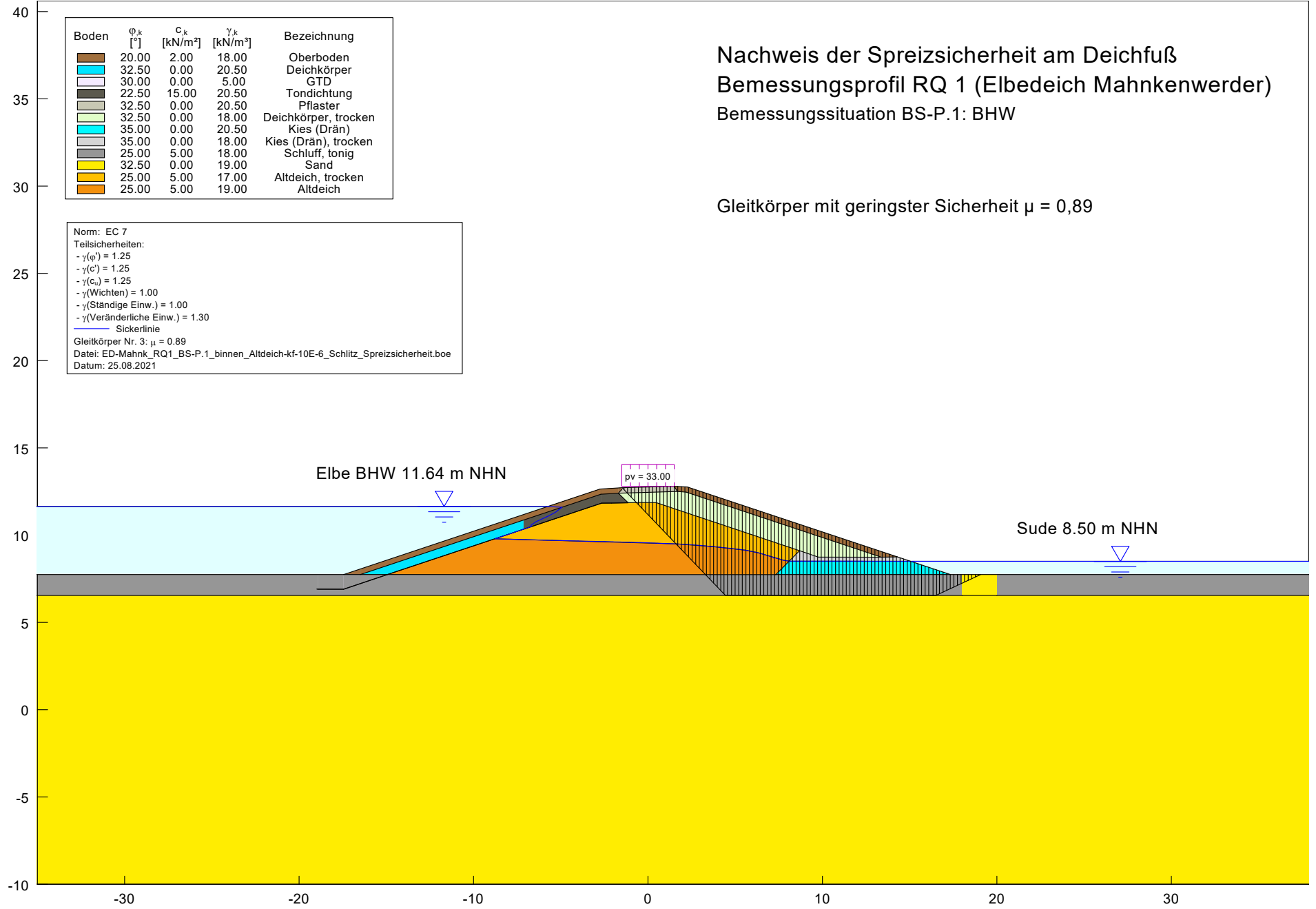
Teilsicherheitsbeiwerte

	BS-P	BS-A
ständige Einwirkungen γ_G	1,35	1,10
Gleitwiderstand $\gamma_{R,h}$	1,10	1,10

Ermittelte Berechnungsgrößen und Ausnutzungsgrade:

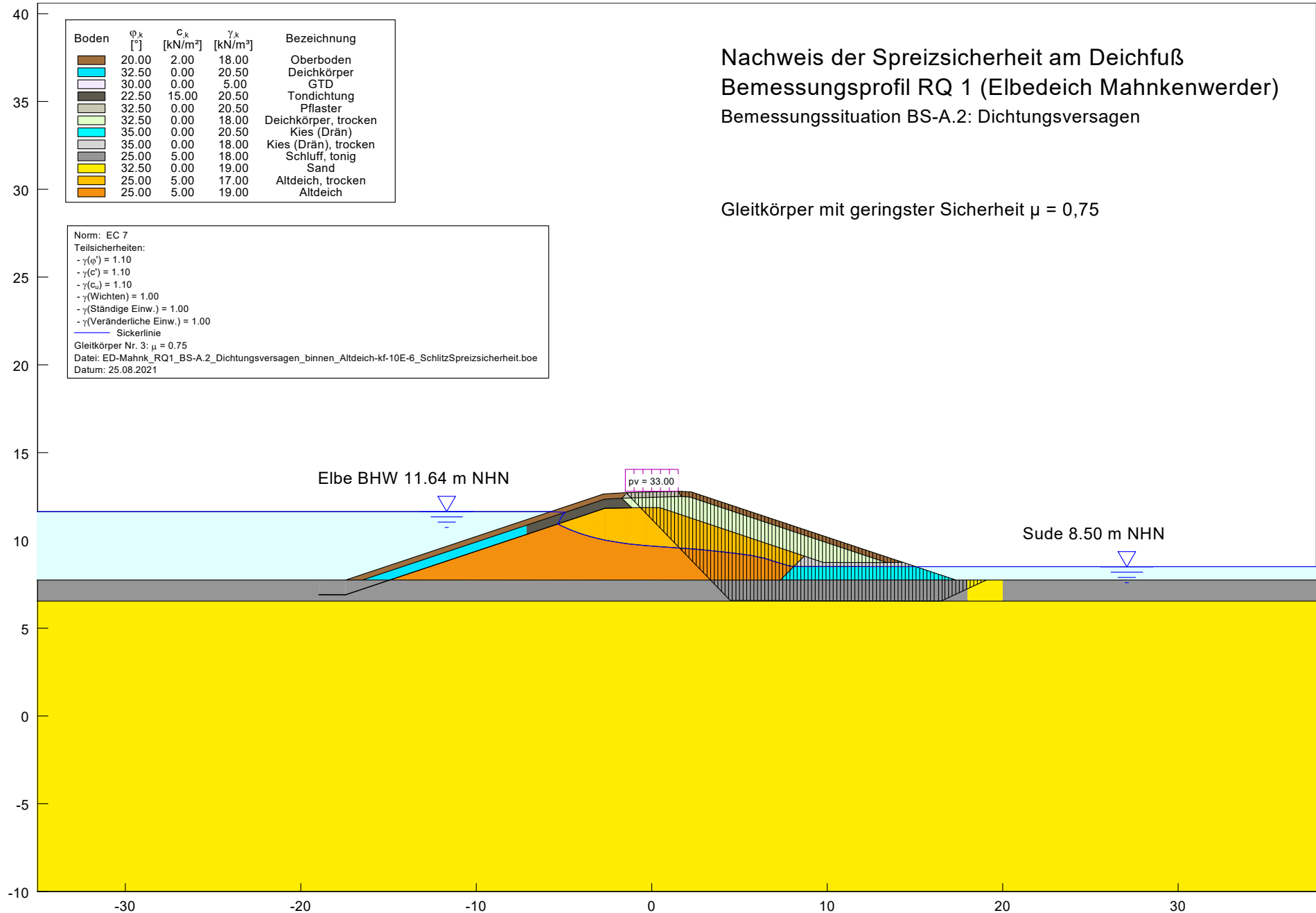
Größe	RQ 1		RQ 2	
	BS-P.1	BS-A.1	BS-P.1	BS-A.1
G_k	711,00 kN/m	711,00 kN/m	1118,00 kN/m	1118,00 kN/m
$W_{v,k}$	228,15 kN/m	360,15 kN/m	231,67 kN/m	364,57 kN/m
$W_{h,k}$	76,05 kN/m	120,05 kN/m	77,22 kN/m	121,52 kN/m
Ausnutzungsgrad	0,30	0,34	0,21	0,25
	Nachweis erfüllt!	Nachweis erfüllt!	Nachweis erfüllt!	Nachweis erfüllt!

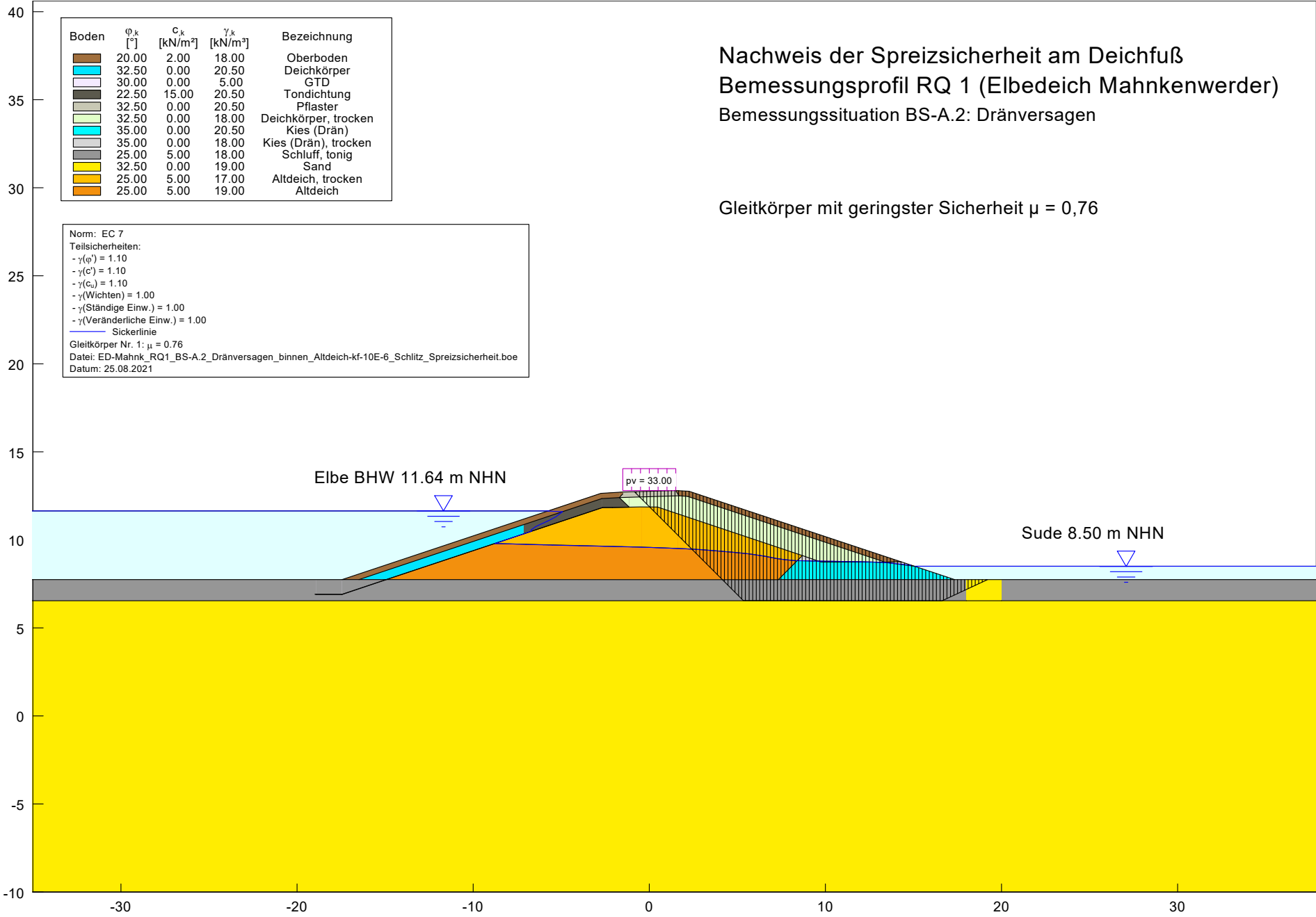
ANLAGE 6 - NACHWEIS DER SPREIZSICHERHEIT AM BÖSCHUNGSFUß

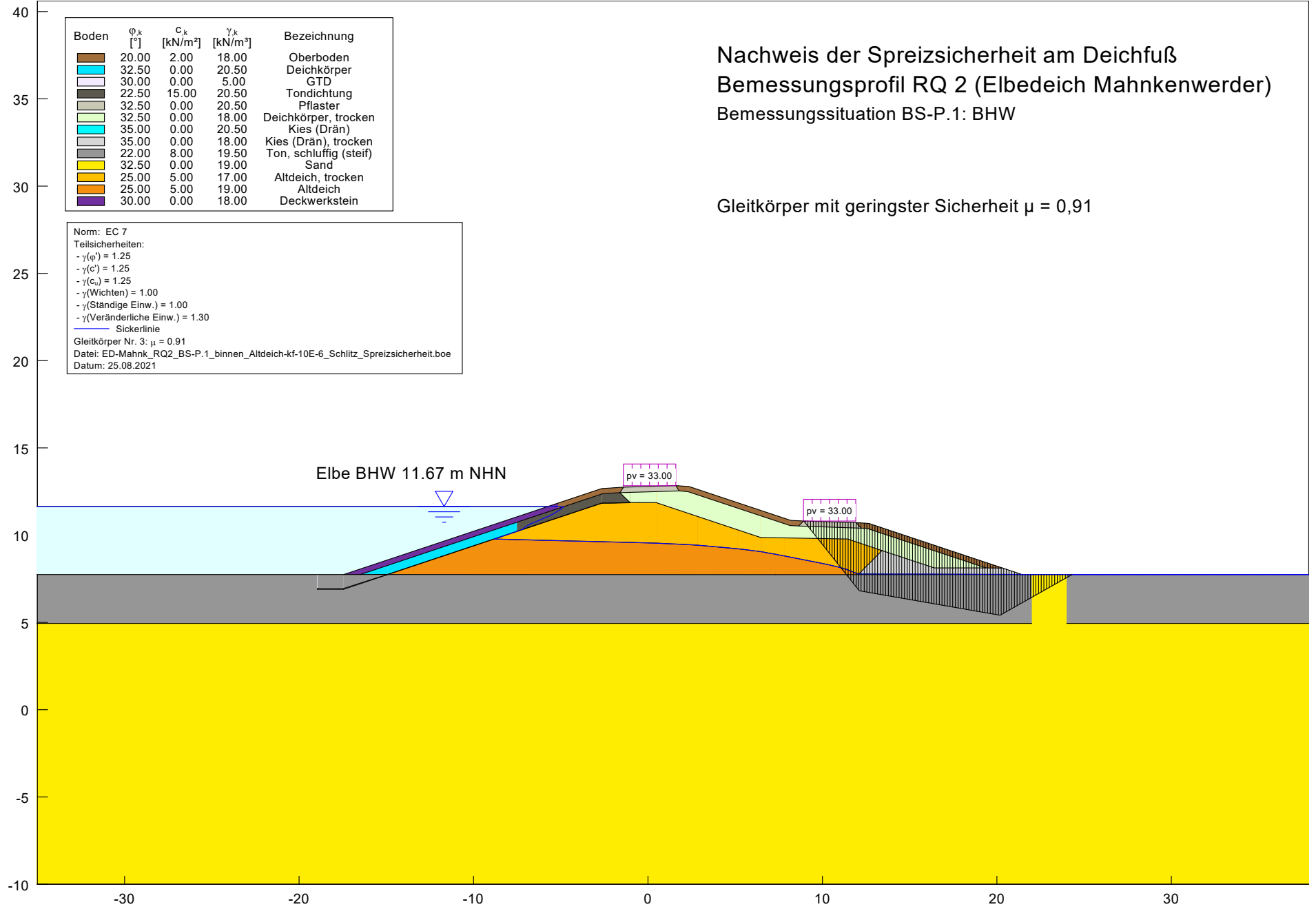


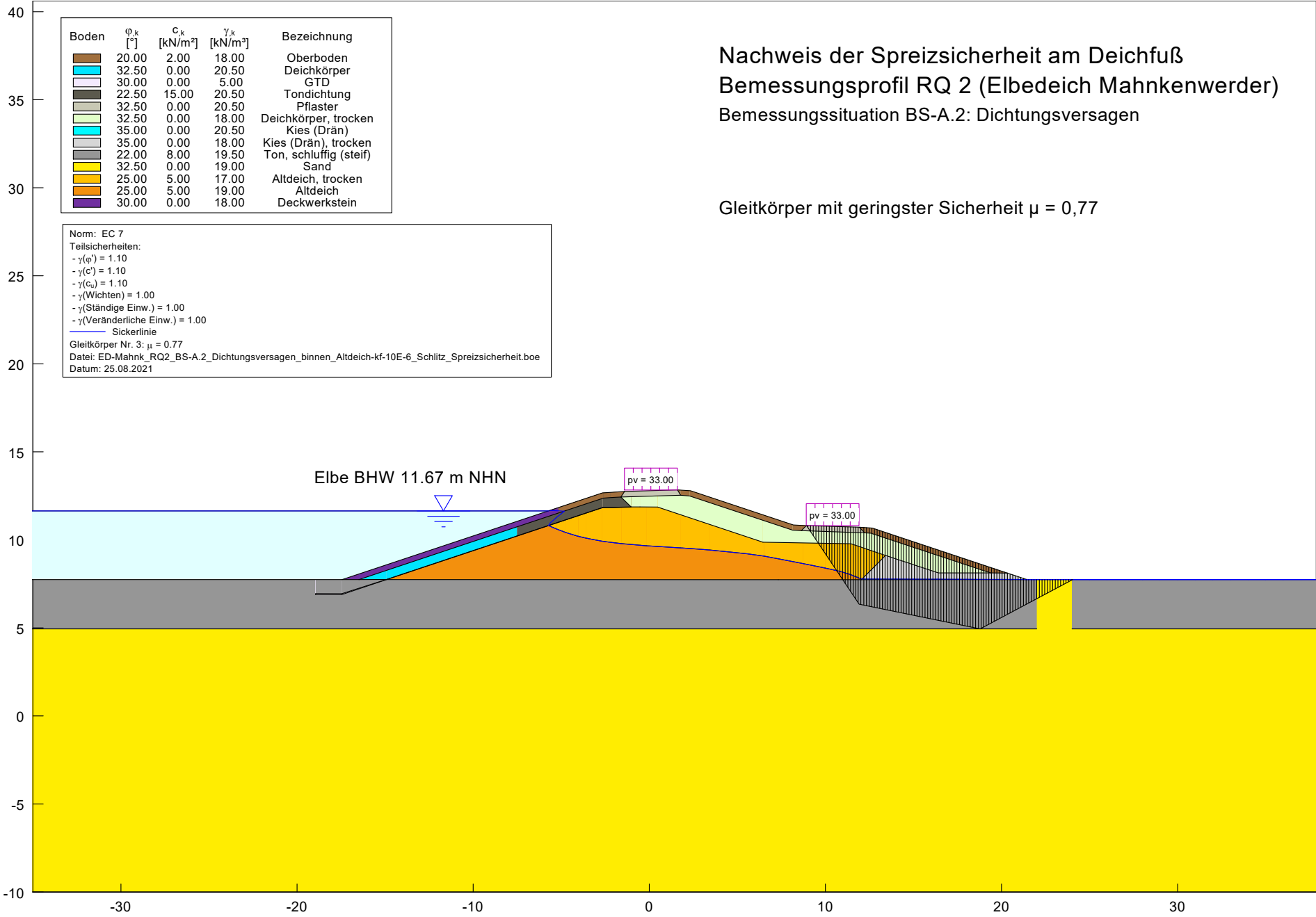
Nachweis der Spreizsicherheit am Deichfuß
 Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)
 Bemessungssituation BS-P.1: BHW

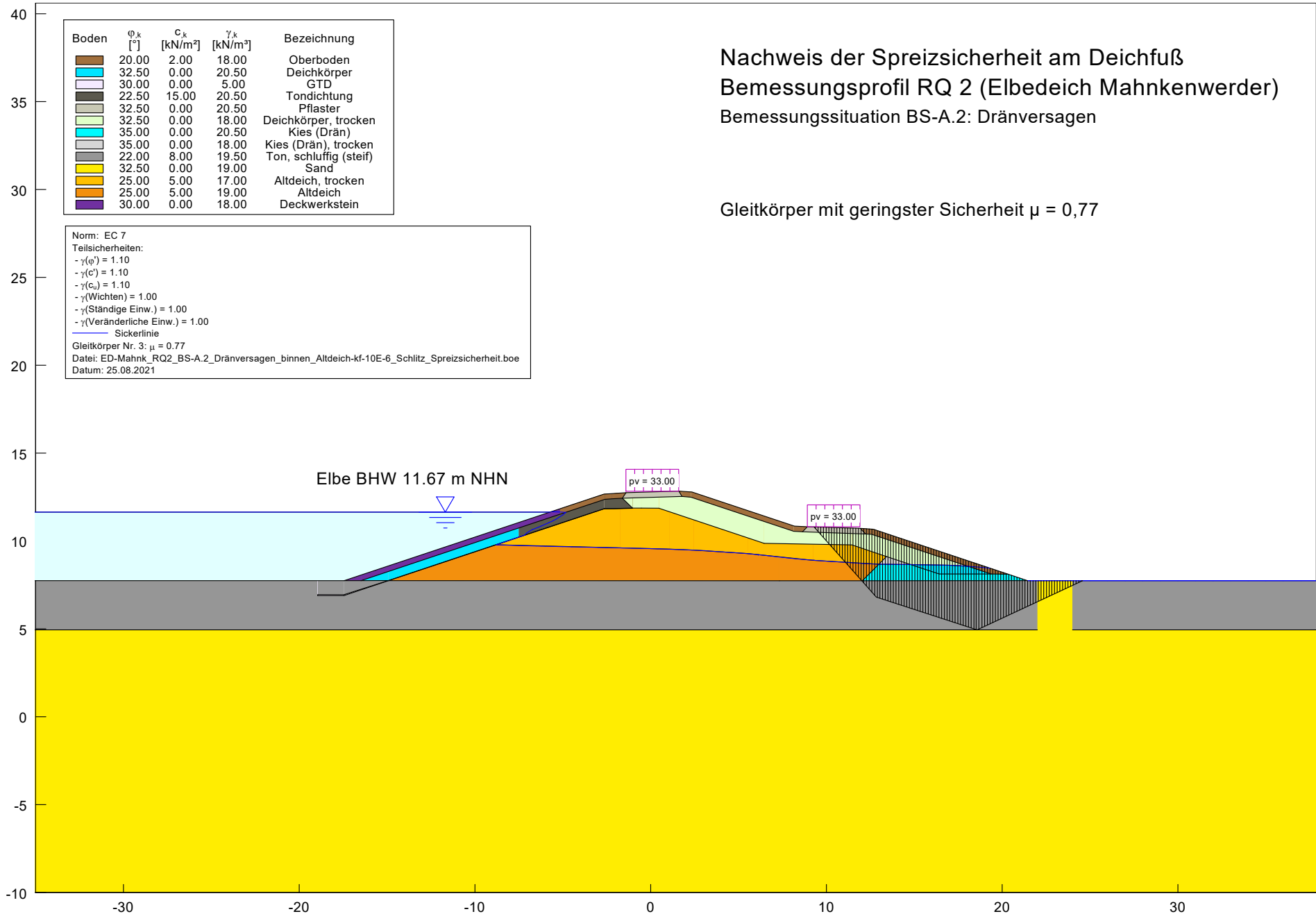
Gleitkörper mit geringster Sicherheit $\mu = 0,89$











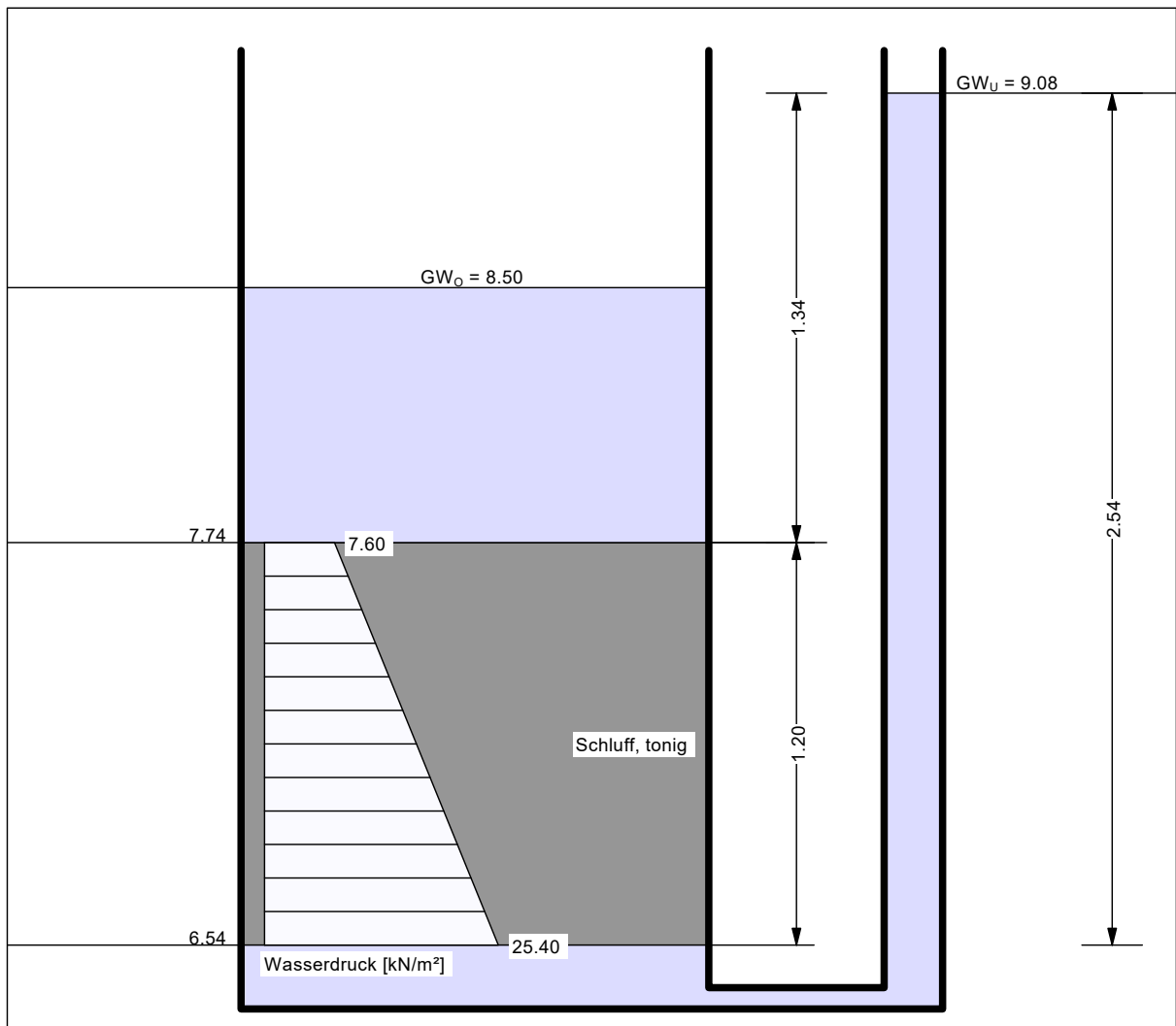
ANLAGE 7 - NACHWEIS DER AUFTRIEBS- UND HYDRAULISCHEN GRUND- BRUCHSICHERHEIT

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.1: BHW; landseitiger Deichfuß; mit Entlastungsschlitz

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$
 $\gamma_{G,stab} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.450$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	18.00	8.00	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Schluff, tonig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.961$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 29.200 kN/m²
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 25.400 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.050
 $\mu = 1.050 \cdot 25.400 / (0.950 \cdot 29.200)$

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.922$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 9.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stab} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 5.800 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.450
 $\mu = 1.450 \cdot 5.800 / (0.950 \cdot 9.600)$

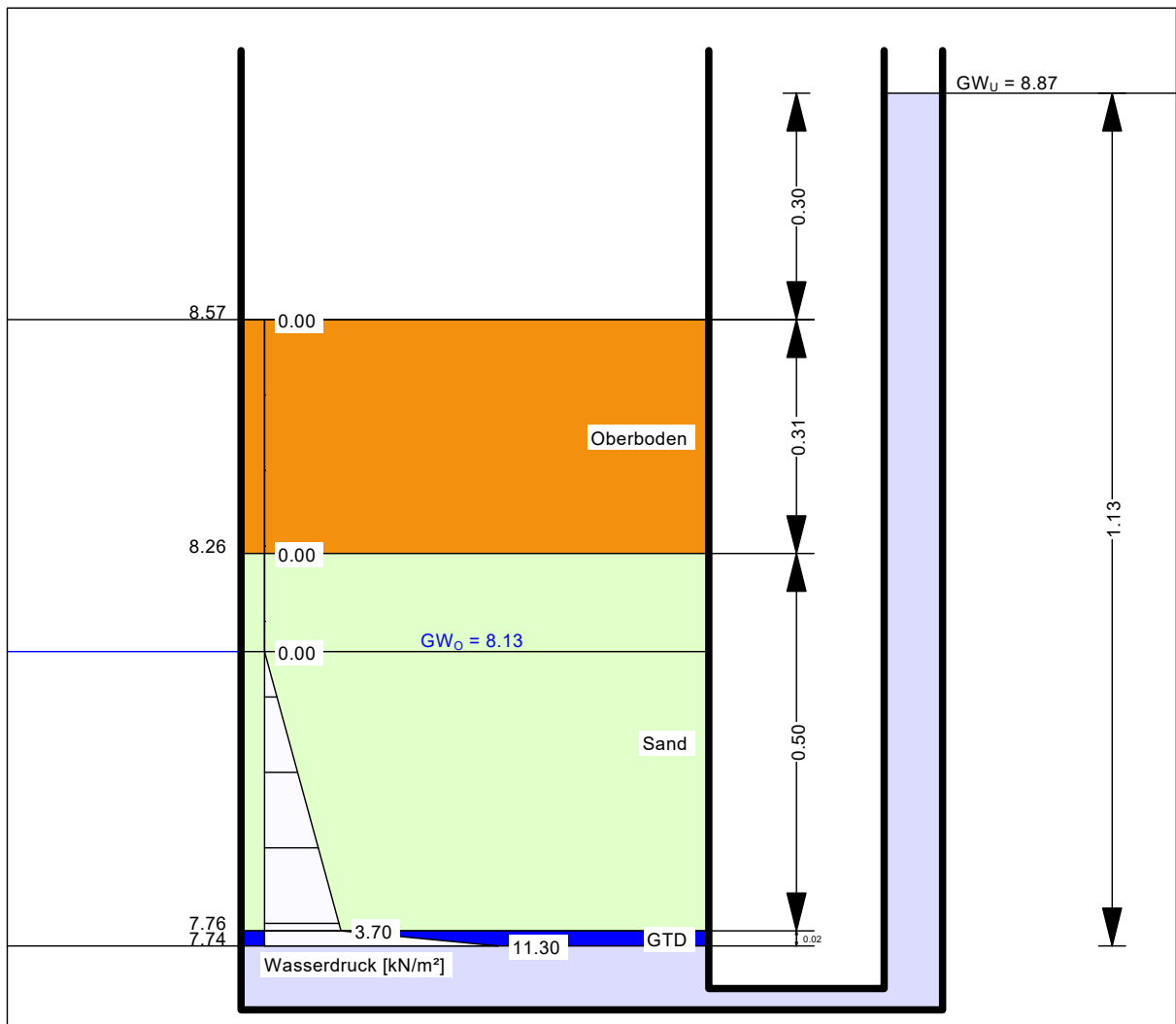
Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.2: Sunk; GTD Fußpunkt

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.450$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	17.50	8.00	$1.0 \cdot 10^{-5}$	Oberboden
	18.00	10.50	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Sand
	15.00	5.00	$1.0 \cdot 10^{-10}$	GTD

t = 18d nach BHW-Scheitel



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.798$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 15.650 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 11.300 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.050
 $\mu = 1.050 \cdot 11.300 / (0.950 \cdot 15.650)$

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.961$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 11.750 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 7.400 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.450
 $\mu = 1.450 \cdot 7.400 / (0.950 \cdot 11.750)$

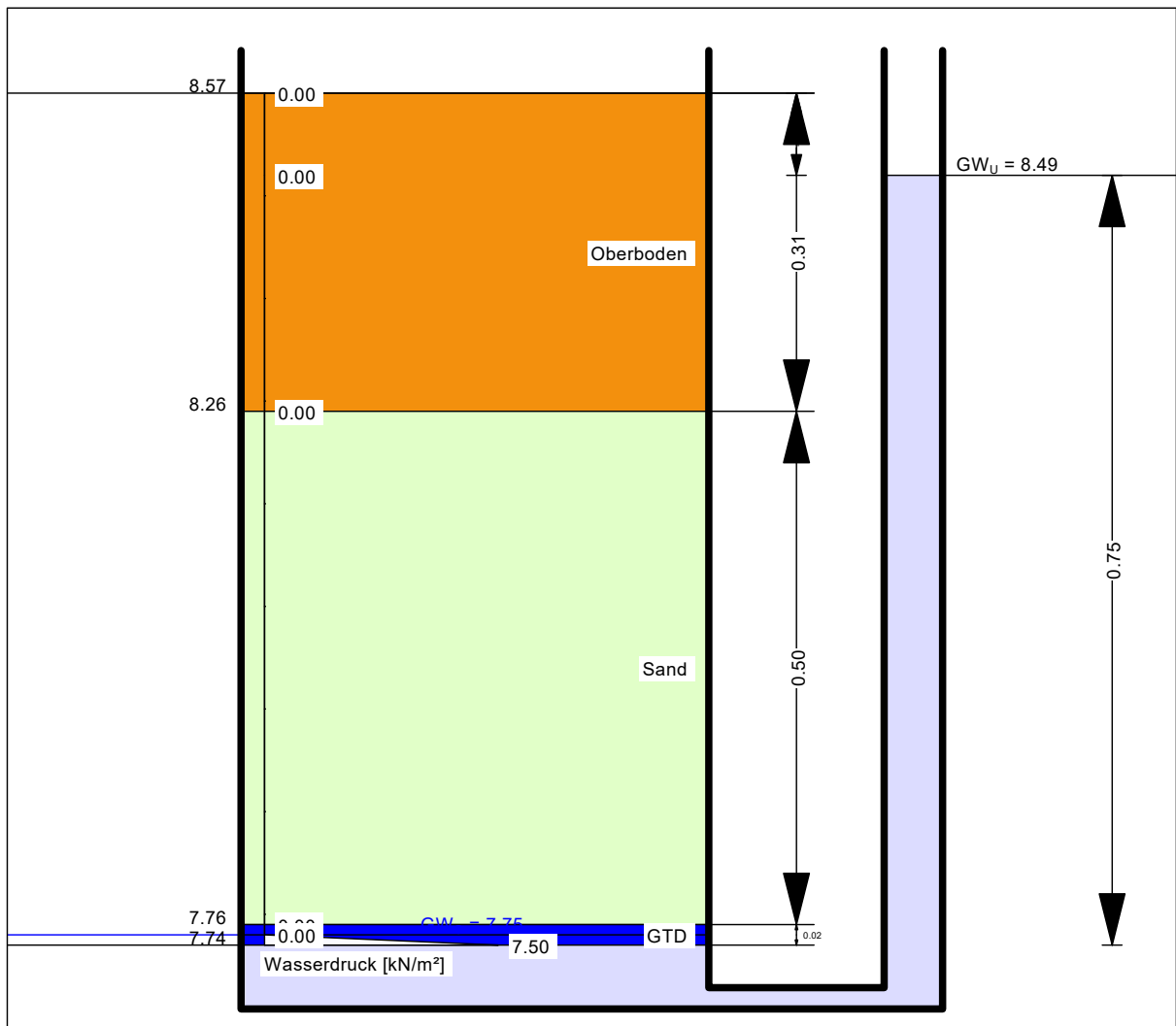
Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.2: Sunk; GTD Fußpunkt

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.450$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	17.50	8.00	$1.0 \cdot 10^{-5}$	Oberboden
	18.00	10.50	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Sand
	15.00	5.00	$1.0 \cdot 10^{-10}$	GTD

t = 34d nach BHW-Scheitel



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.563$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 14.725 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 7.500 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.050
 $\mu = 1.050 \cdot 7.500 / (0.950 \cdot 14.725)$

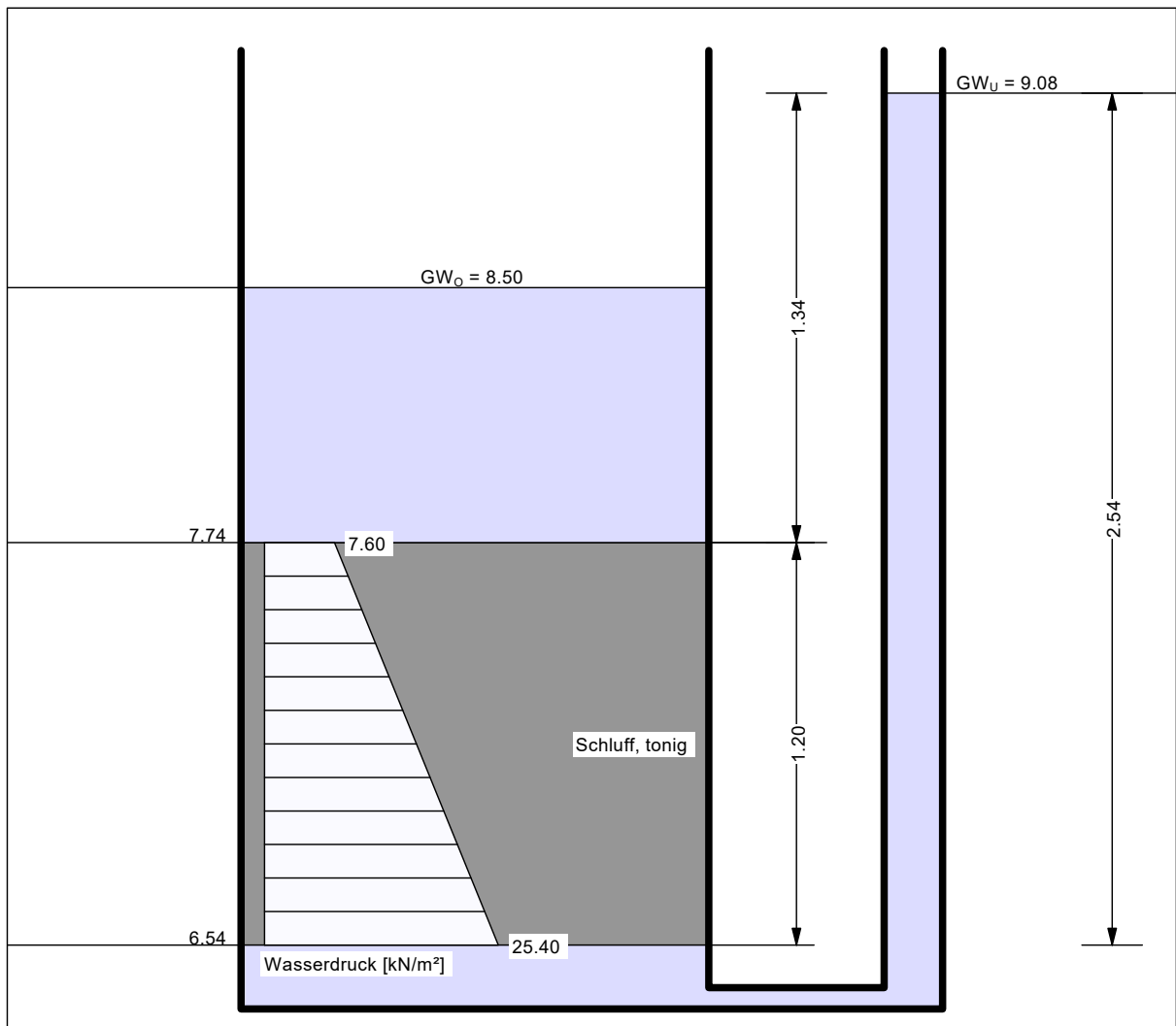
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.772$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 14.625 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 7.400 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.450
 $\mu = 1.450 \cdot 7.400 / (0.950 \cdot 14.625)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-A.1: bordvoller Einstau; landseitiger Deichfuß; mit Entlastungsschlitz

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.250$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	18.00	8.00	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Schluff, tonig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.916$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 29.200 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 25.400 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.000
 $\mu = 1.000 \cdot 25.400 / (0.950 \cdot 29.200)$

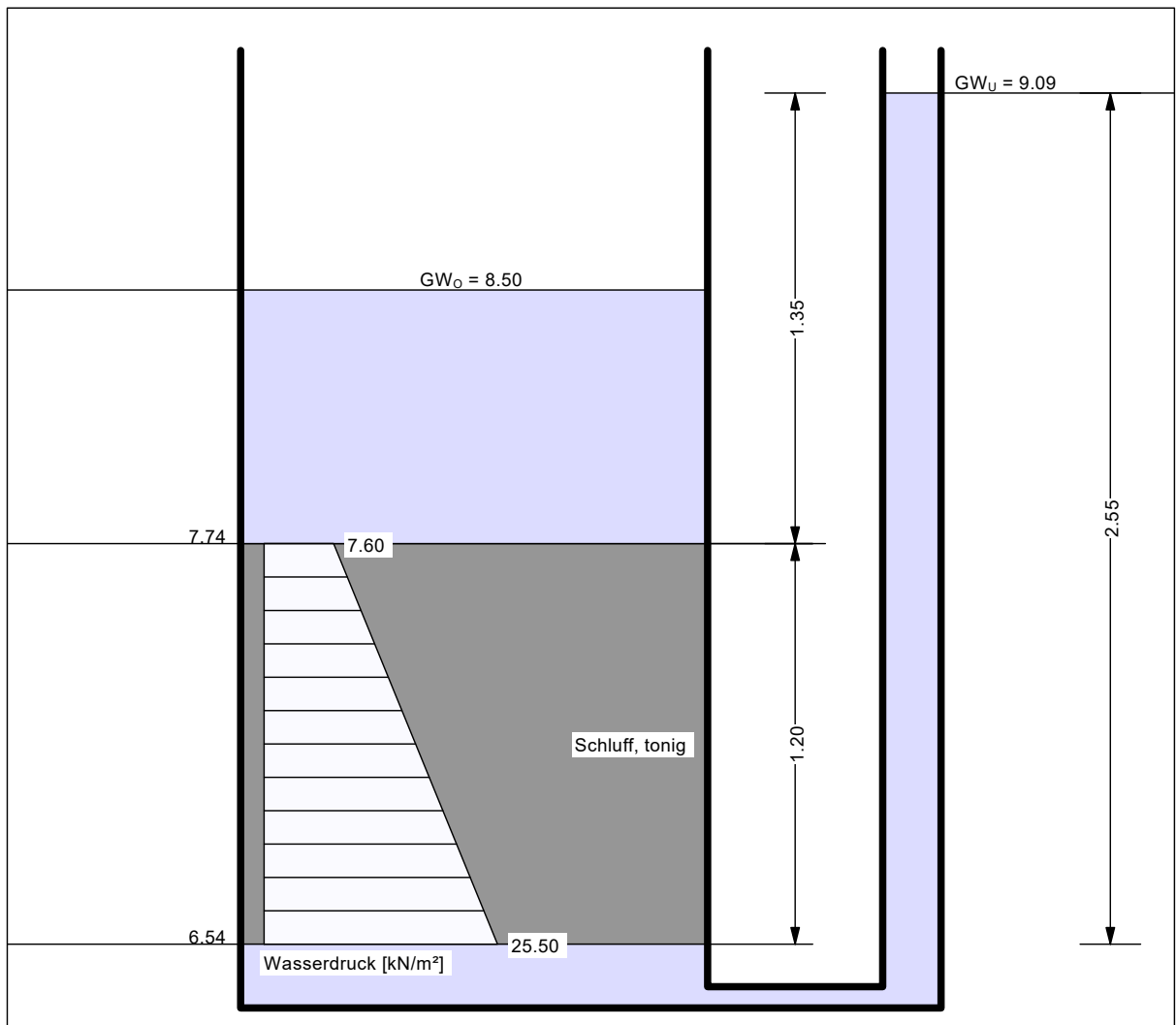
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.795$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 9.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 5.800 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.250
 $\mu = 1.250 \cdot 5.800 / (0.950 \cdot 9.600)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit
Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-A.2: Dichtungsversagen; landseitiger Deichfuß; mit Entlastungsschlitz

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.250$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	18.00	8.00	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Schluff, tonig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.919$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 29.200 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 25.500 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.000
 $\mu = 1.000 \cdot 25.500 / (0.950 \cdot 29.200)$

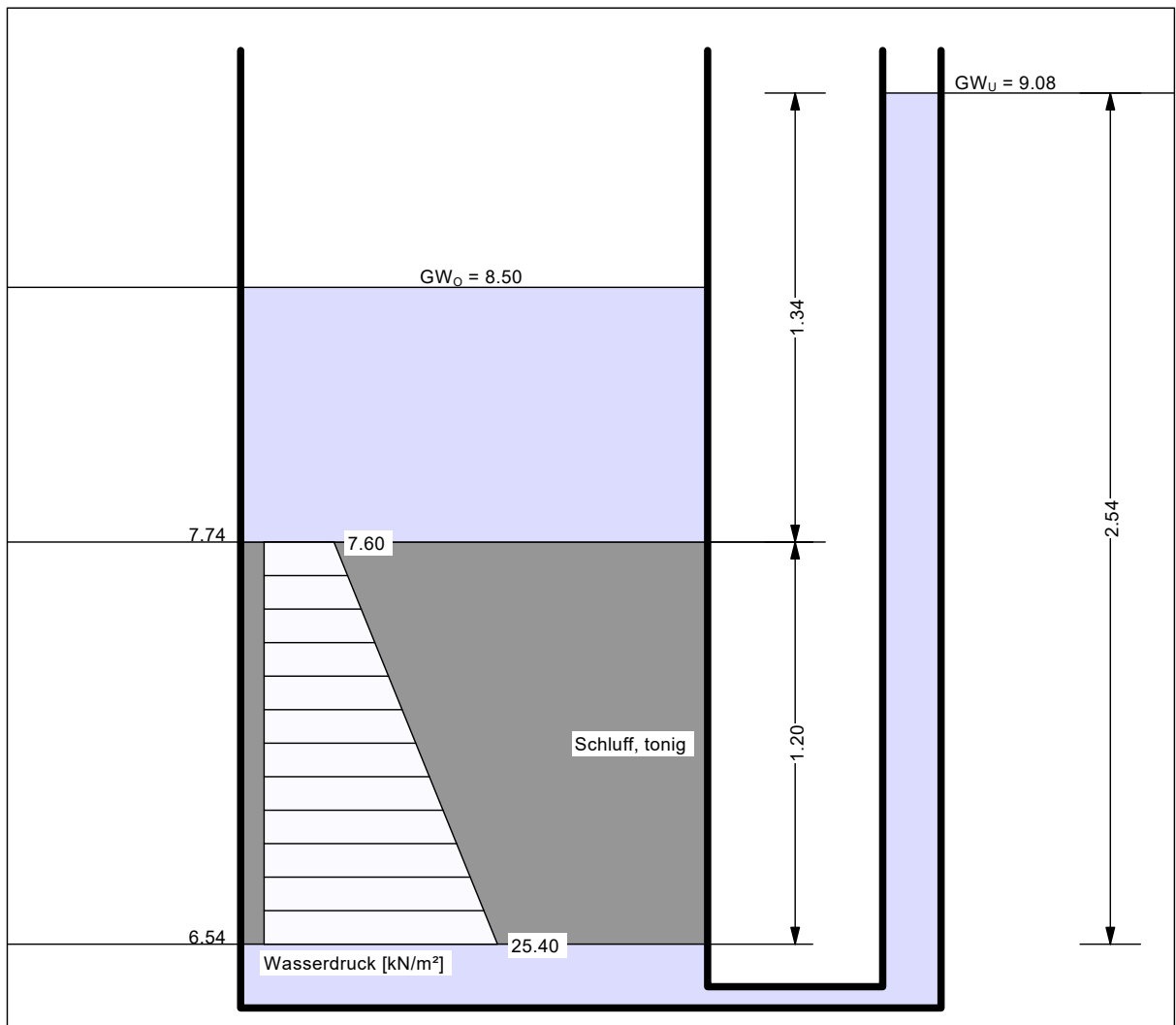
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.809$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 9.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 5.900 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.250
 $\mu = 1.250 \cdot 5.900 / (0.950 \cdot 9.600)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 1 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-A.2: Dränversagen; landseitig Deichfuß; mit Entlastungsschlitz

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.250$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	18.00	8.00	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Schluff, tonig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.916$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 29.200 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 25.400 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.000
 $\mu = 1.000 \cdot 25.400 / (0.950 \cdot 29.200)$

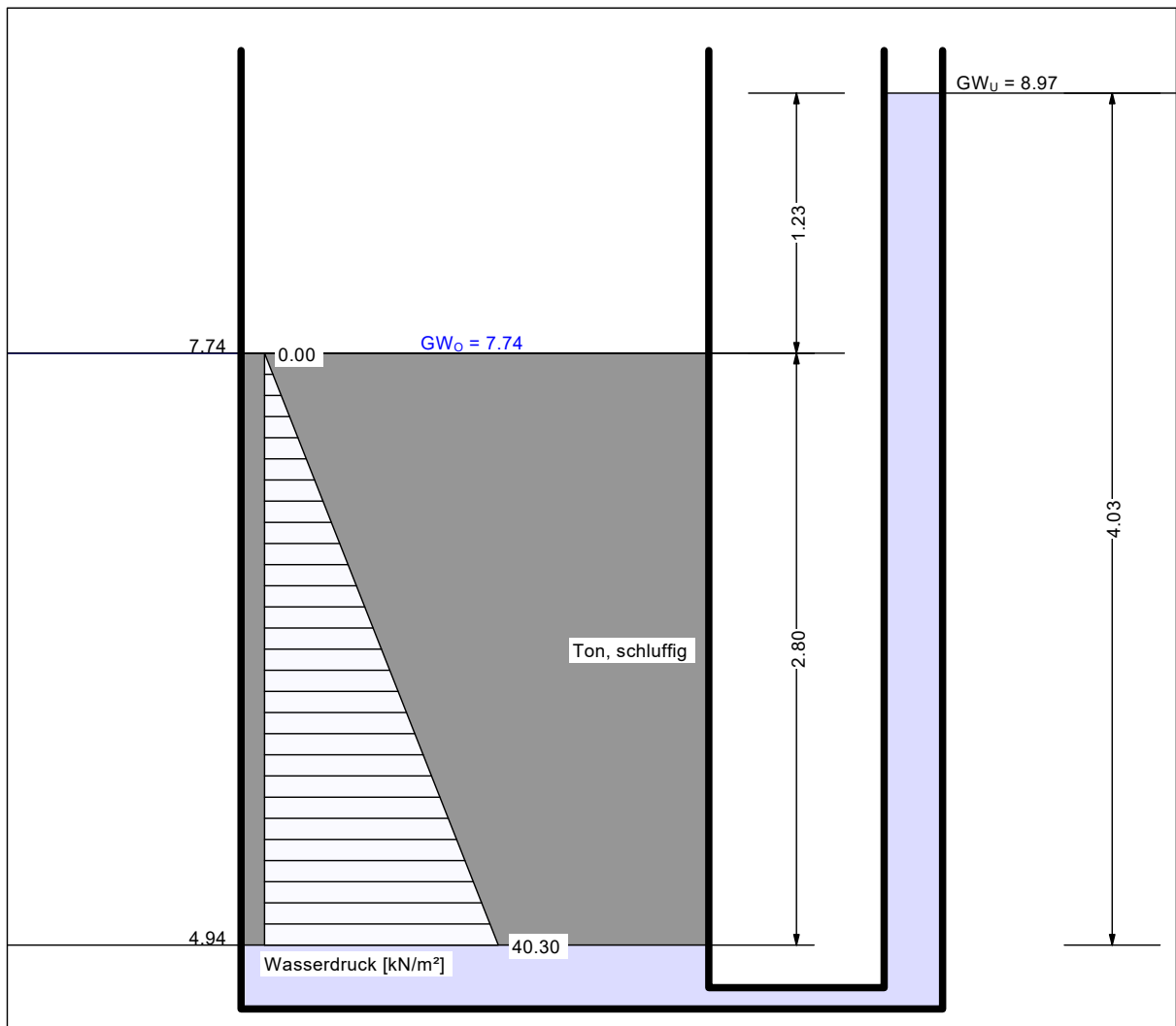
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.795$
bei = 6.540 mNHN
Gewicht = 9.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 5.800 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.250
 $\mu = 1.250 \cdot 5.800 / (0.950 \cdot 9.600)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.1: BHW; landseitiger Deichfuß

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.450$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	19.50	9.50	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Ton, schluffig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.816$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 54.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 40.300 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.050
 $\mu = 1.050 \cdot 40.300 / (0.950 \cdot 54.600)$

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.706$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 26.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 12.300 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.450
 $\mu = 1.450 \cdot 12.300 / (0.950 \cdot 26.600)$

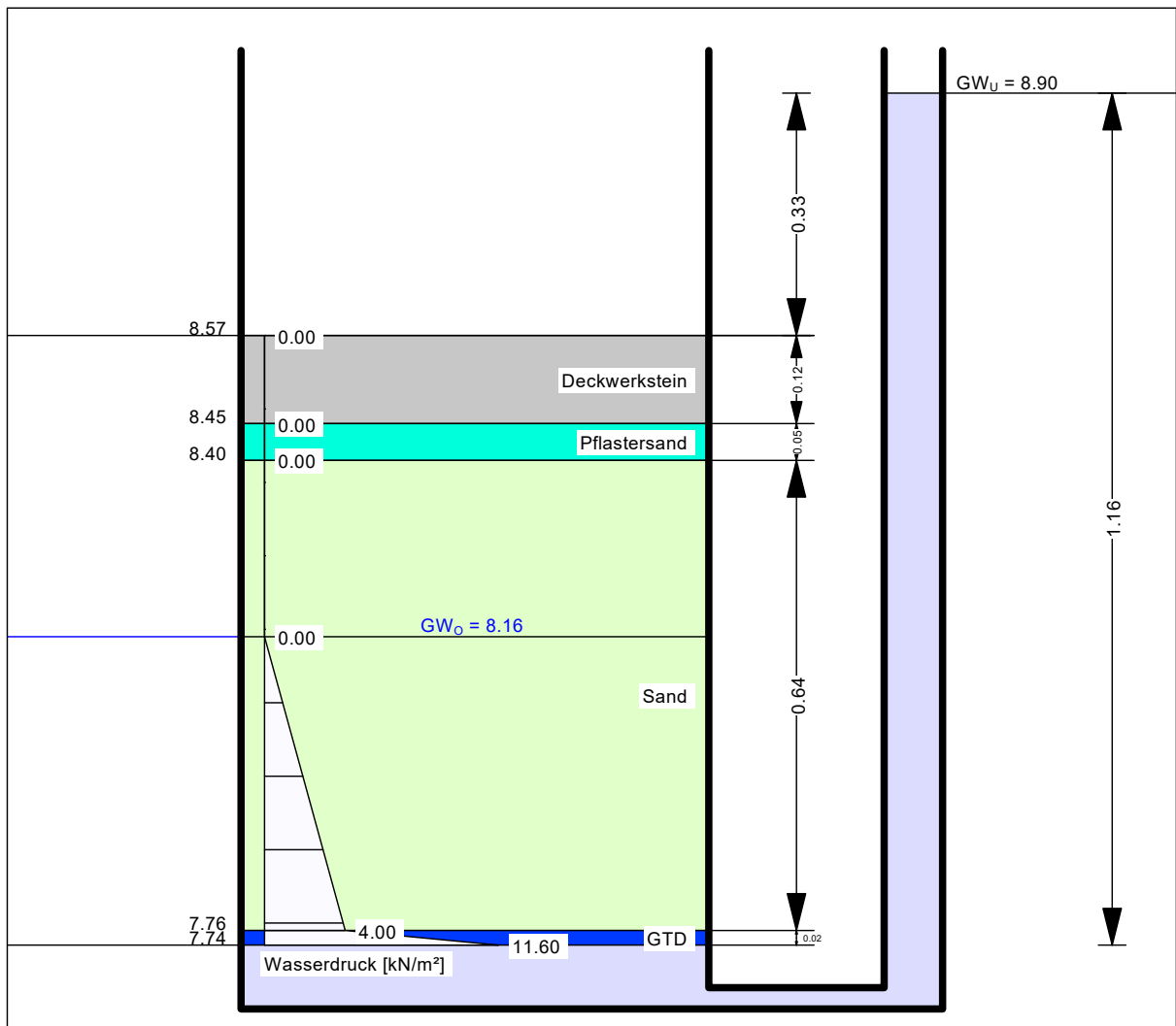
Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.2: Sunk; GTD Fußpunkt

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.450$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	18.00	8.00	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Deckwerkstein
	18.00	10.50	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Pflastersand
	18.00	10.50	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Sand
	15.00	5.00	$1.0 \cdot 10^{-10}$	GTD

t = 18d nach BHW-Scheitel



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.807$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 15.880 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 11.600 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.050
 $\mu = 1.050 \cdot 11.600 / (0.950 \cdot 15.880)$

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.967$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 11.680 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 7.400 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.450
 $\mu = 1.450 \cdot 7.400 / (0.950 \cdot 11.680)$

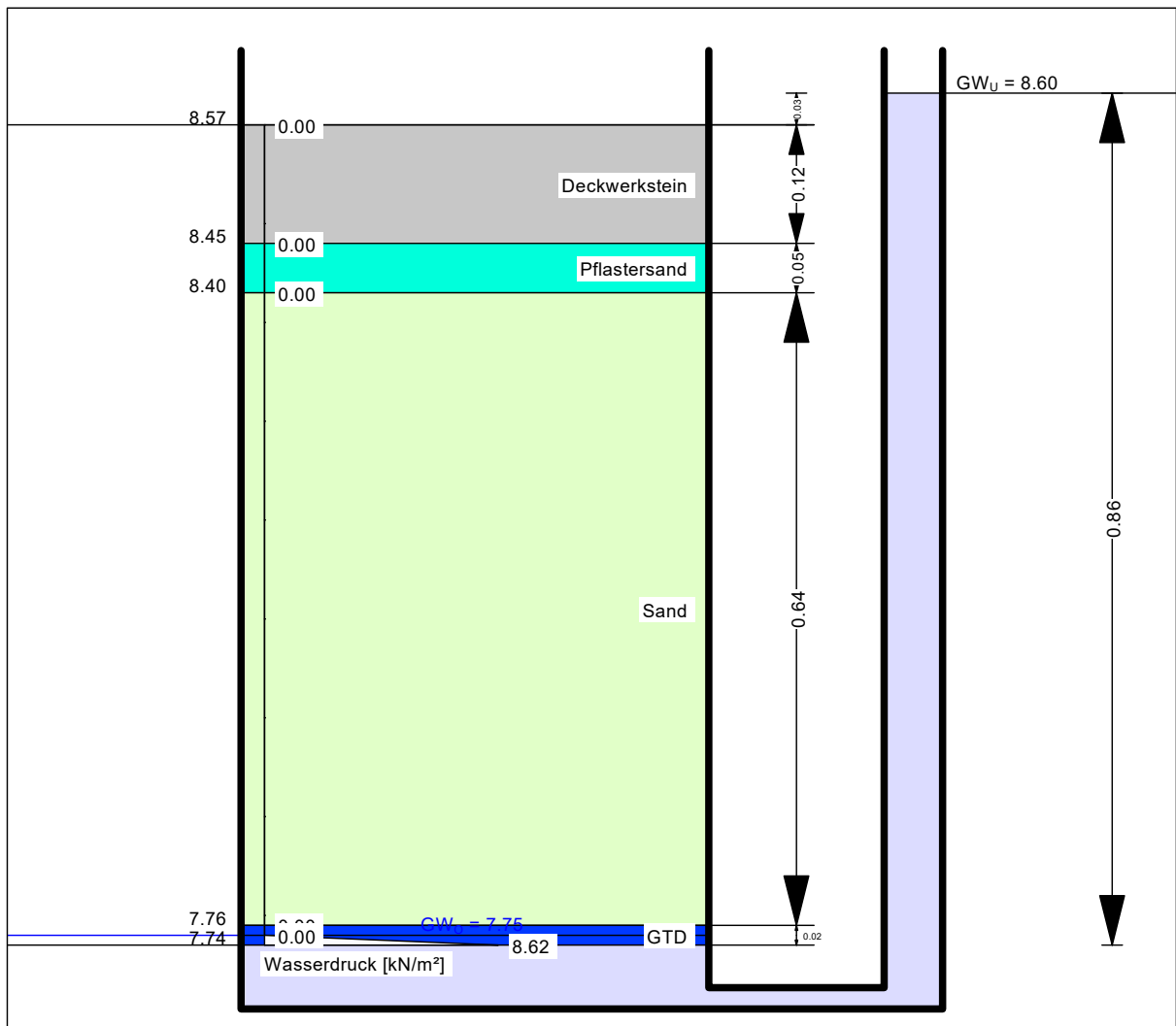
Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-P.2: Sunk; GTD Fußpunkt

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.050$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.450$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	18.00	8.00	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Deckwerkstein
	18.00	10.50	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Pflastersand
	18.00	10.50	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Sand
	15.00	5.00	$1.0 \cdot 10^{-10}$	GTD

t = 34d nach BHW-Scheitel



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.640$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 14.880 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 8.620 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.050
 $\mu = 1.050 \cdot 8.620 / (0.950 \cdot 14.880)$

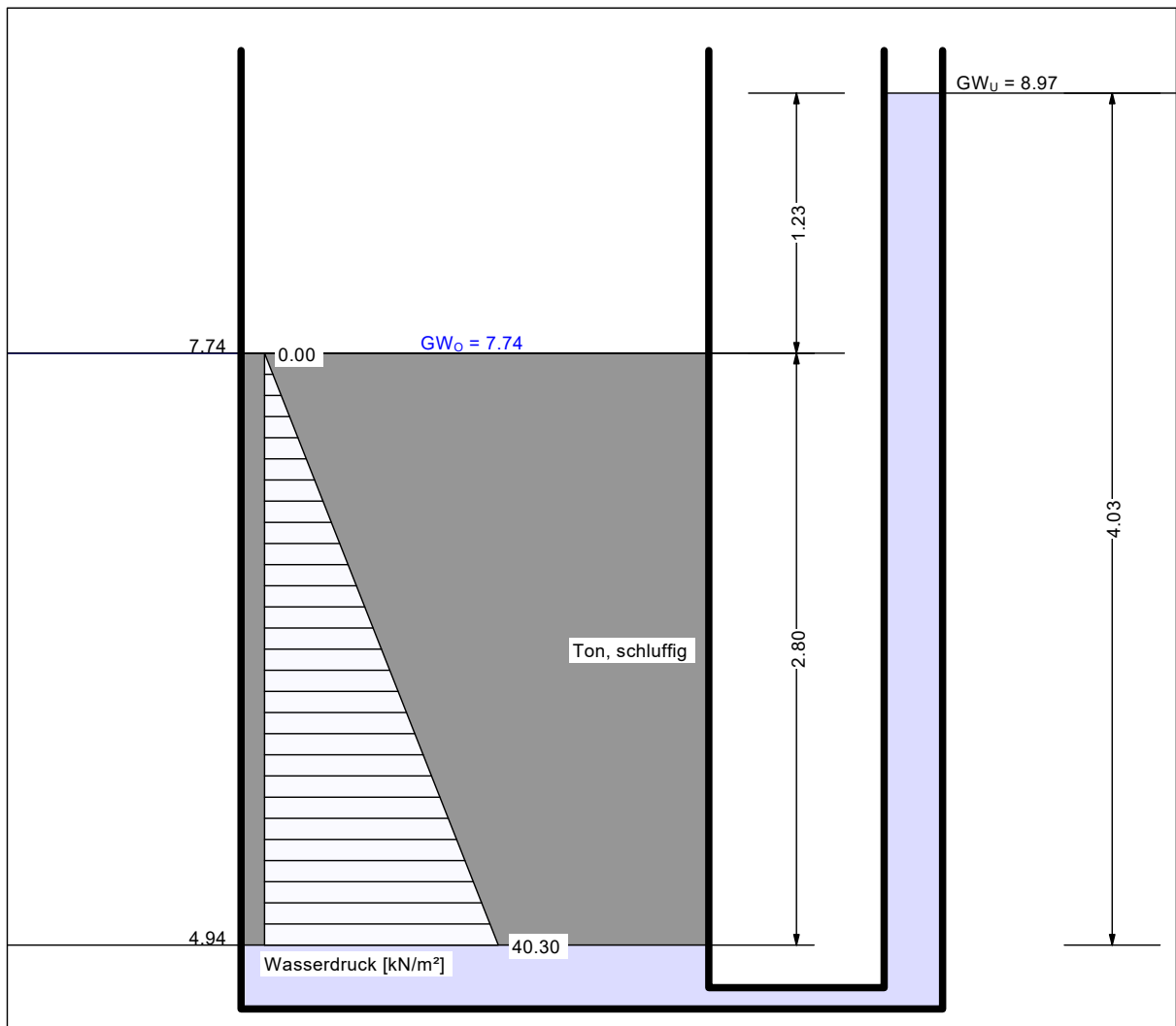
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.880$
bei = 7.740 mNHN
Gewicht = 14.780 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 8.520 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.450
 $\mu = 1.450 \cdot 8.520 / (0.950 \cdot 14.780)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-A.1: bordvoller Einstau; landseitiger Deichfuß

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.250$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	19.50	9.50	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Ton, schluffig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.777$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 54.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 40.300 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.000
 $\mu = 1.000 \cdot 40.300 / (0.950 \cdot 54.600)$

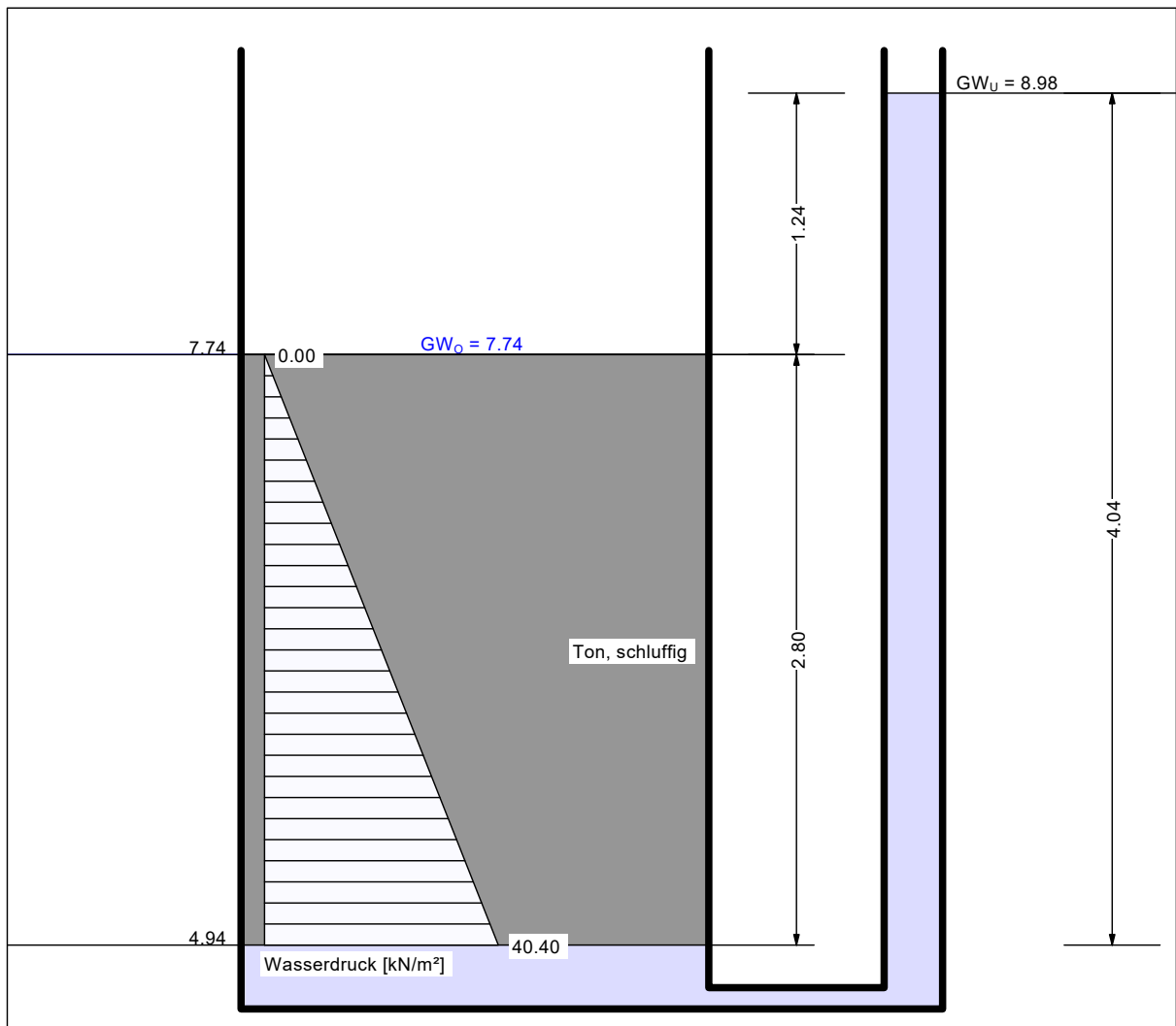
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.608$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 26.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 12.300 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.250
 $\mu = 1.250 \cdot 12.300 / (0.950 \cdot 26.600)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit
Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-A.2: Dichtungsversagen; landseitiger Deichfuß; mit Entlastungsschlitz

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.250$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	19.50	9.50	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Ton, schluffig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.779$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 54.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 40.400 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.000
 $\mu = 1.000 \cdot 40.400 / (0.950 \cdot 54.600)$

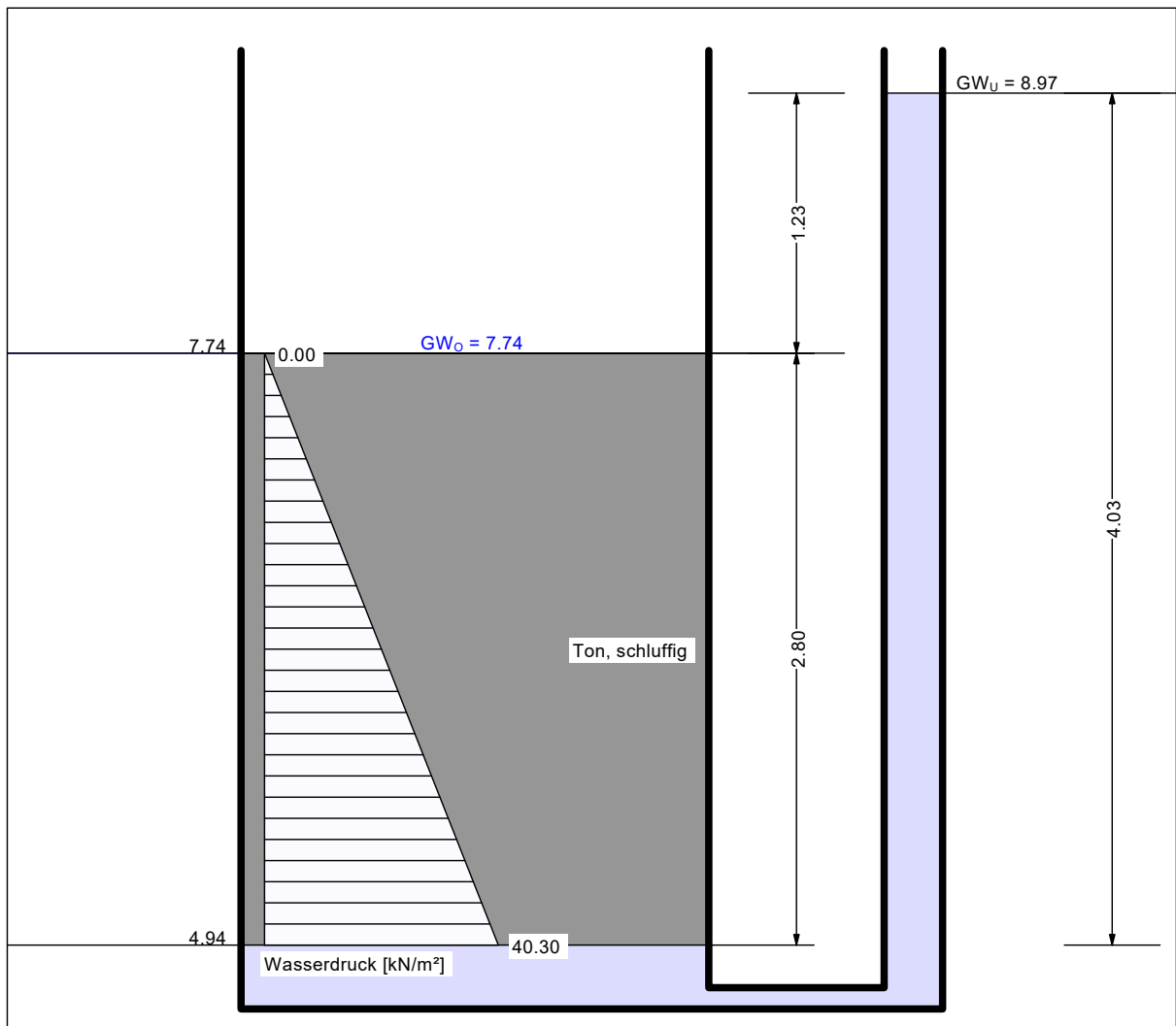
Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.613$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 26.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 12.400 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.250
 $\mu = 1.250 \cdot 12.400 / (0.950 \cdot 26.600)$

Nachweis der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchsicherheit Bemessungsprofil RQ 2 (Elbedeich Mahnkenwerder)

Bemessungssituation BS-A.2: Dränversagen; landseitig Deichfuß; mit Entlastungsschlitz

Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
 $\gamma_{G,dst} = 1.000$
 $\gamma_{G,stb} = 0.950$
 $\gamma_H = 1.250$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	19.50	9.50	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Ton, schluffig



Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.777$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 54.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 40.300 kN/m²
 $\gamma_{G,dst} = \gamma$ (PW-Druck) = 1.000
 $\mu = 1.000 \cdot 40.300 / (0.950 \cdot 54.600)$

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad $\mu = 0.608$
bei = 4.940 mNHN
Gewicht = 26.600 kN/m²
 $\gamma_{G,stb} = \gamma$ (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 12.300 kN/m²
 $\gamma_H = \gamma$ (Strömungskraft) = 1.250
 $\mu = 1.250 \cdot 12.300 / (0.950 \cdot 26.600)$