

Anhang F: Standsicherheitsberechnungen der Abbauböschungen

INGENIEURGRUPPE PTM

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Bericht 23 - 18115.3

Projekt:

Planfeststellungsverfahren

Sandgrube *Tobaben*

in Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber:

SWECO GmbH

Harburger Straße 22

21680 Stade

Auftrag:

Standsicherheitsberechnungen

erteilt am:

08. November 2023

vom:

20. November 2024

STANDORT TOSTEDT

Elsterbogen 18
21255 Tostedt
+49 4182 28770
tostedt@dr-beusse.de

STANDORT HAMBURG

Wilkenweg 6
21149 Hamburg
+49 40 70382356
hamburg@dr-beusse.de

STANDORT BREMEN

Opitzstraße 17
28755 Bremen
+49 421 89813724
bremen@dr-beusse.de

GESCHÄFTSFÜHRENDER GESELLSCHAFTER

Dipl.-Geol. Jens Schmitz
AG Tostedt | HRB 4060
Finanzamt Buchholz i.d.N.
USt-Id. Nr. DE 180 892 056

BANKVERBINDUNG

Kreissparkasse Stade
DE87 2415 1116 0000 4204 22
NOLADE21STK

MITGLIEDSCHAFTEN

DGGT
BWK
DWA
VSVI
IK Niedersachsen

INGENIEURGRUPPE PTM

 Arnsberg
 Bautzen
 Bremen
 Danzig
 Dortmund
 Hamburg
 Jena
 Riga
 Stade
 Tostedt



Vorrangegangene Berichte:

23 - 18115.1	23. Januar 2024	Standsicherheitsberechnungen
23 - 18115.2	17. September 2024	Standsicherheitsberechnungen für einen maximalen Abbau

I Inhaltsverzeichnis

	Seite
II Tabellenverzeichnis	2
III Anlagenverzeichnis	3
1 Vorbemerkungen	4
2 Bearbeitungsunterlagen	4
3 Örtliche Situation und Bauwerk	8
4 Baugrundmodell	8
4.1 Baugrundverhältnisse	8
4.2 Wasserstände	9
4.3 Bodenkennwerte	9
4.4 Geplanter Abbau	10
5 Nachweisführung und Berechnung	10
5.1 Vorbemerkungen	10
5.2 Sickerlinienberechnung	11
5.3 Sicherheiten	11
5.4 Lastansätze	12
6 Ergebnisse und Bewertung	13
7 Zusammenfassung und Hinweise	16

II Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 3-1: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)	9
Tabelle 4-1: Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand GEO-3	12
Tabelle 5-1: Ausnutzungsgrade der globalen Standsicherheit im Endzustand (BS-P)	14



III Anlagenverzeichnis

- | | | |
|---|----------|---|
| 1 | 12 Blatt | Stand sicherheitsnachweis der Böschung, Verkehrslast (BS-P) |
| 2 | 12 Blatt | Stand sicherheitsnachweis der Böschung, Verkehrslast und Spülfeld (BS-P) |
| 3 | 12 Blatt | Stand sicherheitsnachweis der Böschung, Verkehrslast, Spülfeld und
Windkraftenergieanlage (BS-P) |



1 Vorbemerkungen

Die Joachim Alpers GmbH plant auf einer ca. 11,8 ha großen Fläche einen Sandabbau in Kutenholz - Mulsum.

Für diese Bauvorhaben wurde die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18, 21255 Tostedt, erstmalig am 08. November 2023 im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens mit der Durchführung von Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4 084 für die geplanten Böschungen des Abbaufeldes durch die Sweco GmbH, vertreten durch Herrn Wibusch, beauftragt.

Die Berechnungen wurden für drei verschiedene Böschungsbereiche unter dem Ansatz mehrere Versagensfälle durchgeführt und für Böschungsneigungen von 1 : 2,5 und 1 : 3 jeweils eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen.

Die Ergebnisse wurden der Auftraggeberin am 23. Januar 2024 unter der Berichtsnummer 23 - 18115 übergeben.

Im Rahmen der weiteren Projektierung soll nun überprüft werden, ob die bisher betrachtete Abbausohle von -3,00 m NHN auch tiefer, auf einer Höhenkote von -12,00 m NHN, ebenfalls zu realisieren ist.

Dementsprechend sind die erdstatischen Berechnungen anzupassen. Hierfür erhielt das aufstellende Büro den ergänzenden Auftrag. Die Ergebnisse für die tieferliegende Sohle wurden mit dem Bericht 23 - 18115.2 vorgelegt.

Anhand von neuen Planunterlagen sollten die Berechnungen des Berichtes 23 - 18115.2 überarbeitet werden. Die Berechnungen werden in dem vorliegenden Bericht 23 - 18115.3 dargestellt und bewertet.

2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- a) Bericht 23 - 18115.1 „Standsicherheitsberechnungen Sandgrube *Tobaben*“, vom 23. Januar 2024, Unterlage des aufstellenden Büros
- b) Lageplan Endgestaltung, Maßstab im Original 1 : 2.000, mit Datum vom 23. November 2023, erstellt durch die Sweco GmbH, 21680 Stade, bereitgestellt in digitaler Form am 28. November 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)



- c) Lageplan - Standort Windkraftenergieanlagen, Maßstab im Original 1 : 5.000, mit Datum vom 24. Oktober 2016, erstellt durch die Enercon GmbH, 26605 Aurich, bereitgestellt in digitaler Form am 28. November 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- d) Bericht Baugrunduntersuchung - Gründungsbeurteilung „Neubau von 5 Windkraftenergieanlagen Enercon E-115/BF/147/31/02 m im Windpark Kutenholz - Mulsum, mit Datum vom 15. Mai 2017, erstellt durch die Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG, 24340 Eckernförde, bereitgestellt in digitaler Form am 28. November 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- e) Fundamentdatenblatt E-101/BF/147/31/01 & E-115/BF/147/31/02, herausgegeben durch die Enercon GmbH, 26605 Aurich, bereitgestellt in digitaler Form am 28. November 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- f) Schichtenverzeichnisse und Ausbauprofile von zwei Grundwassermessstellen, Gemarkung Kutenholz, Flur 4, Flurstück 90/39 und 90/40, mit Datum vom 09. Dezember 2020, erstellt durch die Pumpen und Brunnenbau Robohm GmbH & Co. KG, 21702 Ahrenswolde, bereitgestellt in digitaler Form am 28. November 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- g) Schematische Schnittdarstellung durch die geplante Abbauböschung an der Westseite mit Höhenangaben und Böschungsneigungen, ohne Datum und Maßstab, erstellt durch die Sweco GmbH, 21680 Stade, bereitgestellt in digitaler Form am 12. Dezember 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- h) E-Mail von Herrn Wibusch (Sweco GmbH) an Frau Grünewald (Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH vom 28. November 2023 mit Angaben zur Beschreibung der Lasten an den Böschungsoberkanten aus dem Planfeststellungsantrag
- i) E-Mail von Herrn Wibusch (Sweco GmbH) an Frau Grünewald (Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH vom 28. November 2023 mit einer Beschreibung der Baumaßnahme
- j) Aktennotiz von Herrn Tyranowski (Sweco GmbH) zu einem Gespräch mit Herrn Rieger (Enercon GmbH) über die anzusetzenden Lasten der Windkraftenergieanlage, mit Datum vom 18. Dezember 2020, bereitgestellt in digitaler Form am 28. November 2023 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)



- k) Lageplan Endgestaltung mit Schnittlinien, mit Datum vom 30. September 2024, Maßstab im Original 1 : 2.000, , erstellt durch die Sweco GmbH, 21680 Stade, bereitgestellt in digitaler Form am 30. September 2024 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- l) Schnitt West - Ost Endaushub, mit Datum vom 30. September 2024, Maßstab im Original 1 : 1.000, , erstellt durch die Sweco GmbH, 21680 Stade, bereitgestellt in digitaler Form am 30. September 2024 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- m) Schnitt Nord - Süd Endaushub, mit Datum vom 30. September 2024, Maßstab im Original 1 : 1.000, , erstellt durch die Sweco GmbH, 21680 Stade, bereitgestellt in digitaler Form am 30. September 2024 durch Herrn Wibusch (Sweco GmbH)
- n) Richwien, A.: Untersuchungen zur Standsicherheit von Unterwasserböschungen aus nichtbindigen Bodenarten, Heft 10 / 2005, Herausgegeben vom Institut für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal
- o) Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, EAU 2012, Ausgabe November 2012
- p) Merkblatt DWA-M 512-1 Dichtungssysteme im Wasserbau Teil 1: Erdbauwerke, Februar 2012, Hrsg. HTG e.V., DGGT e.V., DWA e.V.
- q) Merkblatt DWA-M 507-1 Deiche an Fließgewässern Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, Dezember 2011, Hrsg. DTK, DGGT e.V., DWA e.V.
- r) Hydrogeologische Karte, Maßstab 1 : 200.000, eingesehen am 19. Januar 2024 auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), (URL: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2gS0rgct>)
- s) DIN-Normen

DIN 1 054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1 055	Einwirkung auf Tragwerke - Teil 2 Bodenkenngrößen
DIN 4 020	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
	- Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1 997



DIN 4 084	Baugrund - Geländebruchberechnungen
DIN 4 085	Baugrund - Berechnung des Erddrucks
DIN 4 094	Baugrund - Felduntersuchungen
DIN 18 196	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18 300	VOB - Teil C: ATV - Erdarbeiten
DIN EN 1 997 (EC 7)	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik



3 Örtliche Situation und Bauwerk

Das geplante Abbaugebiet liegt an der Kreisstraße K70 - „Im Bokel“ zwischen 21717 Fredenbeck und 27449 Kutenholz, auf den Flurstücken 90/39 und 90/40 in der Flur 4 der Gemarkung Kutenholz. Die Lage kann der Bearbeitungsunterlage b) entnommen werden.

An der Westgrenze befindet sich der Standort einer Windkraftenergieanlage (siehe Bearbeitungsunterlage c)). Um den Sandabbau maximal auszubeuten sollte der Abstand zwischen der Abbaugrube und der Windkraftanlage entsprechend den statischen Erfordernissen minimiert werden. Den Berechnungen der Bearbeitungsunterlage a) zufolge ist für einen Abstand ≥ 20 m zwischen der Böschung der Sandgrube und der Windkraftenergieanlage eine ausreichende, globale Sicherheit gegen Böschungsbruch gegeben. Dieser Abstand wurde in den nachfolgenden Berechnungen beibehalten.

4 Baugrundmodell

4.1 Baugrundverhältnisse

In der Bearbeitungsunterlage d) ist der anstehende Baugrund für den Bereich des angrenzenden Windparks bzw. der Windkraftenergieanlagen detailliert beschrieben. Für den Bereich der geplanten Abbaufäche stehen die Ergebnisse der Bearbeitungsunterlage f) zur Verfügung. Die nachstehenden Angaben zum Baugrundaufbau erfolgen daher auf Basis der vorgenannten Unterlagen und dienen als Grundlage für die folgenden Berechnungen und Ergebnisse.

Anhand der Unterlagen ist ersichtlich, dass unter einer bis zu 0,40 m mächtigen Schicht aus Oberboden (Mutterboden) bis zu einer Endteufe der durchgeführten Aufschlüsse (maximal 38,00 m unter Geländeoberkante) Fein- und Mittelsande anstehen, welche untergeordnet schluffige Beimengungen aufweisen.

Am Standort der Windkraftenergieanlage im Bereich der geplanten Sandgrube sind darüber hinaus oberflächennah gemischtkörnige Böden in Form von halbfestem Geschiebelehm erbohrt worden.

Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen im Norden des geplanten Abbaugebietes, GWM 1 und GWM 2, weisen ab einer Tiefe von 27,50 m unter Geländeoberkante Ton als Abschluss der Schichtenfolge aus.



Weitere, detailliertere Daten zum anstehenden Baugrund im direkten Bereich der geplanten Abbaustätte lagen dem aufstellenden Büro nicht vor.

4.2 Wasserstände

Ausweislich der Bearbeitungsunterlage o) befindet sich der Grundwasserspiegel des oberen Grundwasserstockwerks auf einer Tiefenlage zwischen >15,00 m NHN und 20,00 m NN, abhängig von der Durchlässigkeit der in diesem Bereich anstehenden Böden.

Entsprechend der Bearbeitungsunterlage g) befindet sich der Grundwasserspiegel auf einer Höhenkote von +17,44 m NHN, die Oberkante des Grundwasserschwankungsbereiches ist ausweislich der Bearbeitungsunterlage i) auf einer Höhenkote von +19,00 m NHN zu berücksichtigen.

4.3 Bodenkennwerte

Die charakteristischen Bodenkennwerte für die erdstatischen Berechnungen und Planungen für den westlich gelegenen Windpark wurden mit der Bearbeitungsunterlage d) vorgelegt.

Aufgrund fehlender Eingangsdaten für das Baufeld werden diese Werte daher für die erdstatischen Berechnungen der Abbauböschungen angesetzt.

Bodenschicht	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]
Oberboden locker	[-]	[-]	[-]	[-]
Geschiebelehm halbfest	21,0	11,0	28,0	12,0
Sand locker	19,0	11,0	32,5	0
mitteldicht	19,0	11,0	35,0	0
dicht	19,0	11,0	36,0	0
Spülsand^{*)}	19,5	11,0	32,5	0

^{*)} Anhand von Erfahrungswerten festgelegt.

Tabelle 4-1: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)



4.4 Geplanter Abbau

Der Abbau soll in drei Ausbaustufen von Osten nach Westen erfolgen. Dabei soll auf der nicht ausgebeuteten Fläche ein Spülfeld eingerichtet werden. Die Bearbeitungsunterlage i) benennt eine Auflast von 5,0 m bis 6,0 m aus Spülsand.

Die Böschungen sollen bis auf eine Höhe von +19,0 m NHN (Oberkante des Grundwasserschwankungsbereiches) mit einer Neigung von 1 : 3 und darüber mit einer Neigung 1 : 2,5 hergestellt werden. Allein im Bereich der Kreisstraße ist die Böschung durchgängig mit einer Neigung von 1 : 3 projektiert.

Die Höhe des Grundwasserspiegels ist entsprechend der Bearbeitungsunterlage g) mit +17,44 m NHN zu berücksichtigen.

Die geplante Abbautiefe soll rund 36,0 m betragen, so dass sich die geplante Sohle auf einer Höhenkote von -12,00 m NHN befindet.

Ein Schutzwall mit einer Höhe von etwa 3,0 m und einer Dammaufstandsfläche von ca. 9,0 m ist für den südlichen und östlichen Abbaubereich vorgesehen (vgl. Bearbeitungsunterlagen h) und k)).

Der Nachweis der Standsicherheit der Schutzwälle sowie der Spülfelder war nicht Bestandteil des Auftrages.

5 Nachweisführung und Berechnung

5.1 Vorbemerkungen

Im Zuge der aktuellen Normierung (DIN EN 1 997-1) wird gefordert, dass alle in Frage kommenden Bruchmechanismen (kreisförmige und nichtkreisförmige Gleitflächen) an zu untersuchenden Böschungen zu betrachten sind und die als wesentlich erkannten Mechanismen rechnerisch näher zu untersuchen sind. Hilfestellungen bei der Wahl des Versagensmechanismus liefert hier die DIN 4 084. Dabei wird darauf hingewiesen, dass die kreisförmige Bruchfuge nicht immer den ungünstigsten Versagensmechanismus darstellt, was die Betrachtung von weiteren Gleitkörperarten erfordert.

Eine ausreichende Standsicherheit gilt dann als nachgewiesen, wenn unter Berücksichtigung der einzelnen Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessungslasten und Bemessungswiderstände der Ausnutzungsgrad $\mu < 1,0$ ist.



5.2 Sickerlinienberechnung

Untergrundhydraulische Modellrechnungen waren nicht Bestandteil des Auftrages und wurden entsprechend nicht durchgeführt.

Die dem Baugrundmodell zugrunde gelegten Sickerlinien wurden daher anhand von geotechnischer Fachkenntnis definiert.

Für die Berechnungen wurden die Belastungen unter dem Ansatz eines Seewasserspiegels auf einer Höhenkote von +19,00 m NHN und einem landseitigen Grundwasserstand auf einer Höhenkote von +17,44 m NHN betrachtet. In der vorliegenden Betrachtung stellt der Grundwasserstand die ungünstigste Bemessungssituation da und ist dementsprechend für die Standsicherheitsberechnungen angesetzt worden.

Des Weiteren wurde der Eintrag von Sickerwasser durch das Ausbluten des geplanten Spülfeldes in den anstehenden Baugrund berücksichtigt.

5.3 Sicherheiten

Der Aufbau des Geländemodells sowie die Standsicherheitsberechnungen wurden EDV-gestützt mit dem Programm GGU - STABILITY, Version 13.09, Hrsg. Dr. Buß, durchgeführt. Das Programm ermöglicht Böschungsbruchberechnungen gemäß der DIN 4 084 und der DIN EN 1 997-1. Bei den Standsicherheitsberechnungen sind verschiedene Versagensmechanismen (Kreisgleitflächen nach Bishop, polygonale Gleitflächen nach Janbu, Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode) betrachtet worden.

Für die Standsicherheitsberechnungen wurde auftragsgemäß der Berechnungsfall BS-P (ständige Bemessungssituation) für hergerichtete Abbauböschung nach erfolgten Abbautätigkeiten betrachtet.

Folgende Teilsicherheitsbeiwerte sind für die Nachweise im Grenzzustand GEO-3 berücksichtigt worden:



Kennwert		Teilsicherheitsbeiwert BS-P
Reibungswinkel	φ'	1,25
Kohäsion	c'	1,25
Wichte	γ	1,00
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00
Veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30

Tabelle 5-1: Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand GEO-3

5.4 Lastansätze

Im Planfeststellungsantrag wird eine Verkehrslast (Schwerlastverkehr SLW 60 $\triangleq$ 33,30 kN/m²) mit einem Abstand von 2,0 m zur Böschungsoberkante und eine zusätzliche Last aus einem Spülfeld bzw. Schutzwall in einem Abstand von 10,0 m als maßgebender Schnitt für die Berechnung der Endböschung benannt.

Aufgrund des geplanten Abbaus (siehe Abschnitt 3.4) wurde als Berechnungsgrundlage daher der ungünstige Ansatz der Verkehrslast in Verbindung mit einem Spülfeld gewählt. Die resultierende Last aus dem Spülfeld ergibt sich unter der Annahme einer maximalen Höhe von 6,0 m und einer angesetzten Bodenwichte von 19,5 kN/m³ zu 117,0 kN/m².

Auf der sicheren Seite liegend betrachtet dieser Ansatz ebenfalls die südliche Böschung parallel zur Kreisstraße mit geringeren Belastungen aus Schutzwall und Verkehr an der Böschungsoberkante sowie einer durchgängig flacher ausgeführten Böschung mit einer Neigung von 1 : 3.

Mit einer Abbautiefe bis auf eine Höhenkote von -12,0 m NHN grenzen die Böschungsfüße der Nord- und der Südböschung unmittelbar aneinander. Dieser stabilisierende Einfluss wurde in den Standsicherheitsberechnungen vernachlässigt.

Im Osten des Abbaubereiches verläuft ausweislich dem vorliegenden Lageplan (Bearbeitungsunterlage k)) parallel zur Böschungsoberkante ein Betriebsweg mit angrenzendem Schutzwall. Der Schutzwall wurde mit einer Höhe von 3,0 m, einer Breite von 9,0 m und einer Bodenwichte von 18,5 kN/m³ angesetzt. Dementsprechend ergibt sich eine resultierende Last von rund 55,0 kN/m².

Der Betriebsweg wird mit einer Verkehrslast von 16,7 kN/m² (SLW 30) berücksichtigt.



An der nördlichen Böschung verlaufen entsprechend der Bearbeitungsunterlage k) keine Betriebswege und kein Schutzwall.

Für die Berücksichtigung der Windkraftenergieanlage können der Aktennotiz von Herrn Tyranowski (Bearbeitungsunterlage j)) zufolge Ersatzflächen herangezogen werden. Entsprechend der Abstimmung mit Enercon können diese wie folgt angesetzt werden:

DLC 1.0: 13,86 m · 10,42 m mit 306,8 kN/m²

DLC 6.2: 5,14 · 10,85 m mit 678,3 kN/m²

Die erdstatischen Berechnungen werden dementsprechend anhand der größeren Windenergieanlage DLC 6.2 geführt.

Der Abstand zwischen der Windenergieanlage und der Abbaugrenze in einem iterativen Prozess entwickelt worden. Dabei wurde durch die Unterzeichnerin auf der sicheren Seite liegend festgelegt, dass ein Ausnutzungsgrad der globalen Böschungsbruchsicherheit von

$$\mu_{\max} \leq 0,80 [-]$$

nicht überschritten werden darf.

Sollten diese gewählten Annahmen nicht zutreffen, ist das aufstellende Büro umgehend zu benachrichtigen.

6 Ergebnisse und Bewertung

Im ersten Berechnungsdurchgang ist im Hinblick auf die globale Standsicherheit mit dem Verfahren der Kreisgleitflächen nach Bishop der ungünstigste Gleitkreis ermittelt worden. Anschließend sind in den Bereich des ungünstigsten Gleitkreises weitere Gleitfugen zur Überprüfung von unterschiedlichen Bruchmechanismen eingefügt worden. Dabei konnte für die Böschung auf Basis der vorgenannten Eingangsdaten eine ausreichende Standsicherheit für die betrachteten Fälle nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Nachweise sind in detaillierter Form den Grafikausdrücken aus der **Anlage 1** bis **Anlage 3** für die wasserseitige Böschung zu entnehmen. Sie werden zudem der folgenden Tabelle zusammengefasst.



Verfahren	siehe Anlage	Ausnutzungsgrad μ		
		oben	unten	gesamt
Schutzwall im Osten (Anlage 1)				
Kreisgleitflächen nach <i>Bishop</i>	1.1	0,75	0,58	0,61
polygonale Gleitflächen nach <i>Janbu</i>	1.2	0,81	0,60	0,65
Starrkörperbruchmechanismen	1.3	0,77	0,61	0,66
Blockgleitmethode	1.4	0,76	0,54	0,58
Spülfeld (Anlage 2)				
Kreisgleitflächen nach <i>Bishop</i>	2.1	0,98	0,53	0,67
polygonale Gleitflächen nach <i>Janbu</i>	2.2	0,92	0,57	0,71
Starrkörperbruchmechanismen	2.3	0,92	0,61	0,69
Blockgleitmethode	2.4	0,85	0,50	0,67
WKA (Anlage 3)				
Kreisgleitflächen nach <i>Bishop</i>	3.1	0,76	0,53	0,71
polygonale Gleitflächen nach <i>Janbu</i>	3.2	0,78	0,58	0,79
Starrkörperbruchmechanismen	3.3	0,77	0,57	0,79
Blockgleitmethode	3.4	0,72	0,49	0,73

Tabelle 6-1: Ausnutzungsgrade der globalen Standsicherheit im Endzustand (BS-P)

Im Bereich des östlichen Schutzwalls wurden als maßgebende Versagensmechanismen die polygonalen Gleitflächen nach *Janbu* und der Nachweis mittels Starrkörperbruchmechanismen ermittelt. Die rechnerische Ausnutzung liegt unter 85 %.

Die wasserseitige, obere Böschung in den nicht ausgebeuteten Flächen sowie im Norden und Osten soll im Endzustand eine Böschungsneigung von 1 : 2,5 und unterhalb der Oberkante des Grundwasserschwankungsbereiches bis zur Sohle mit einer Neigung von 1 : 3 abgebaut werden.



Unter Berücksichtigung der oben genannten Verkehrslast sowie eines Spülfeldes wurde sowohl die Kreisgleitflächen nach *Bishop* als auch der Nachweis mittels Starrkörperbruchmechanismen und der Blockgleitmethode für den Endzustand identifiziert. Die rechnerische Ausnutzung liegt dabei zwischen rund 50 % und 100 % für die betrachtete Böschung.

Anhand des entwickelten Abstandes der Windkraftenergieanlage und unter Berücksichtigung der festgelegten Sicherheitsgrenze von $\mu_{\max} \leq 0,80$ durch die Unterzeichnerin wurde eine ausreichende, globale Sicherheit gegen Böschungsbruch für einen Abstand ≥ 20 m für die Böschung der Sandgrube und der Windkraftenergieanlage (Beginn der Ersatzflächenlast) nachgewiesen.

Hinweis:

Im Zuge der Überprüfung der ungünstigsten Gleitkreise konnten direkt an bzw. unter der Böschungsoberfläche höhere Ausnutzungsgrade rechnerisch festgestellt werden. Allerdings sind die Ausnutzungsgrade im Hinblick auf die globale Standsicherheit der Böschung und nicht die lokale Standsicherheit zu beziehen.

Aufgrund von Grundwasserströmungen und durch Wellenschlag stellen sich im Bereich von Wasserwechselzonen erfahrungsgemäß Böschungsneigungen zwischen 1 : 5 und 1 : 8 durch Bodenverlagerungen ein. Bei steiler ausgeführten Böschungen kann dies zu einer Böschungsabflachung und einer rückschreitenden Erosion führen. Daraus resultieren steilere Unterwasserböschungen, deren Standsicherheit nicht gegeben ist.



7 Zusammenfassung und Hinweise

Die Joachim Alpers GmbH beabsichtigt einen Sandabbau in Kutenholz - Mulsum. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens sind für die Sandgrube Tobaben an der Kreisstraße K 70 - „Im Bokel“ Standsicherheitsuntersuchungen und -berechnungen für die herzustellenden Böschungen erforderlich. Hierzu erhielt die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH erstmalig am 08. November 2023 durch die Sweco GmbH, Stade, den Auftrag.

Im Zuge der weiteren Projektierung wurde das aufstellende Büro durch die Sweco GmbH mit ergänzenden Standsicherheitsberechnungen betraut. Es sollte geprüft werden, ob eine tiefere Abbausohle, auf einer Höhenkote von -12,00 m NHN, ebenfalls zu realisieren ist.

Der Sandabbau soll von Osten nach Westen erfolgen; die nicht ausgebeuteten Flächen werden als Spülfelder genutzt.

Die Berechnungen wurden analog den bisher betrachtenden Böschungen für drei verschiedene Böschungsbereiche und unter dem Ansatz mehrere Versagensfälle durchgeführt. Mit Ausnahme der Böschung parallel zur Kreisstraße sollen mit einer Neigung von 1 : 2,5 oberhalb des Grundwasserschwankungsbereiches und darunter bis zur Sohle mit einer Neigung von 1 : 3 hergestellt werden. Die Böschung an der Kreisstraße ist durchgängig mit einer Neigung von 1 : 3 geplant.

Die Standsicherheitsnachweise wurden zusammenfassend unter der Berücksichtigung einer Verkehrslast und zusätzlich mit einer Auflast durch ein Spülfeld bzw. einen Schutzwall durchgeführt.

Im Westen grenzt ein Windpark an die geplante Sandgrube. Diese soll nach Möglichkeit dicht bis an eine Windkraftenergieanlage erfolgen, um den geplanten Sandabbau maximal auszubeuten. Aus diesem Grund wurde der vorgenannte Ansatz um die Last der Anlage ergänzt und in iterativen Schritten der erforderliche Abstand zum Abbau ermittelt.

Für die Böschungen konnte auf Basis der vorgegebenen Eckdaten sowie ergänzend getroffener Annahmen eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden.

Die Ausnutzungsgrade können bei einer herstellbaren Neigung von 1 : 2,5 und 1 : 3 dabei mit $\mu \leq 1,0$ angegeben werden. Die Böschungen weisen somit im Endzustand eine ausreichende Sicherheit gegen einen globalen Böschungsbruch auf.



Grundsätzlich können lokale Rutschungen an den (nicht befestigten) Böschungen nicht ausgeschlossen werden, da Veränderungen beispielsweise infolge von Witterung oder Wasserstandsveränderungen bzw. aufgrund des kohäsionslosen Bodens möglich sind.

Sämtliche, im Bericht genannten, Höhenkoten sind bauseits zu prüfen. Bei erheblichen Abweichungen gegenüber den hier genannten Höhenbezügen ist das aufstellende Büro umgehend zu benachrichtigen.

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist der Bericht nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Bericht abweichende Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und der Zustimmung des Gutachters.

Der Bericht gilt für das in Abschnitt 1 angegebene Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH nicht zulässig.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen und der Erstellung dieses Berichtes stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH



Dipl.-Geol. Jens Schmitz



Melanie Grünwald, M. Sc.

Verteiler:

- Sweco GmbH, Herr Wibusch

1 - fach digital als pdf

Standsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
36 Mittelpunkte definiert.
560 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{\max} = 0.75$
 $x_m = 54.99 \text{ m}$ $y_m = 52.32 \text{ m}$
 $R = 38.36 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

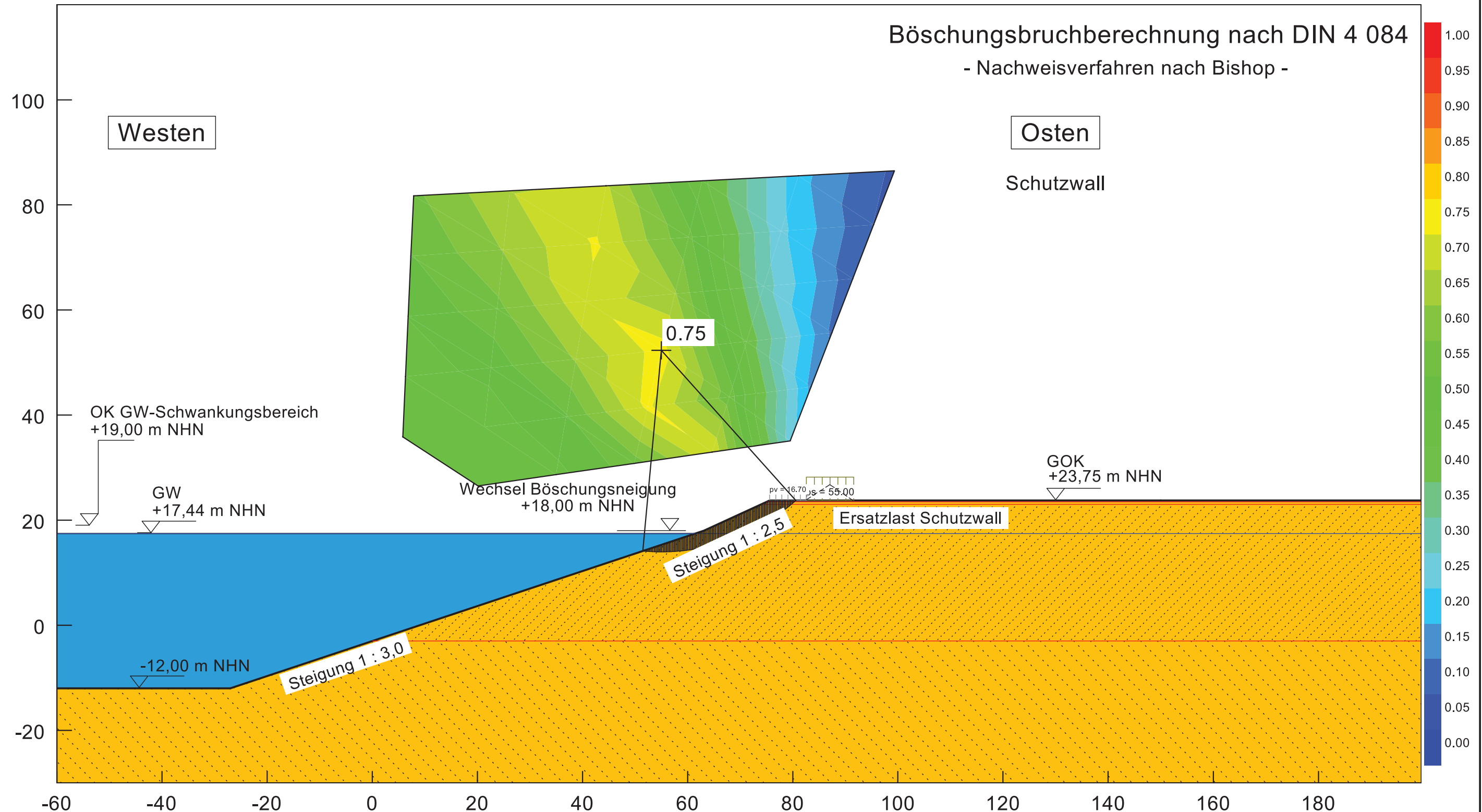
Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.1a
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
9 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 9: $\mu = 0.81$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

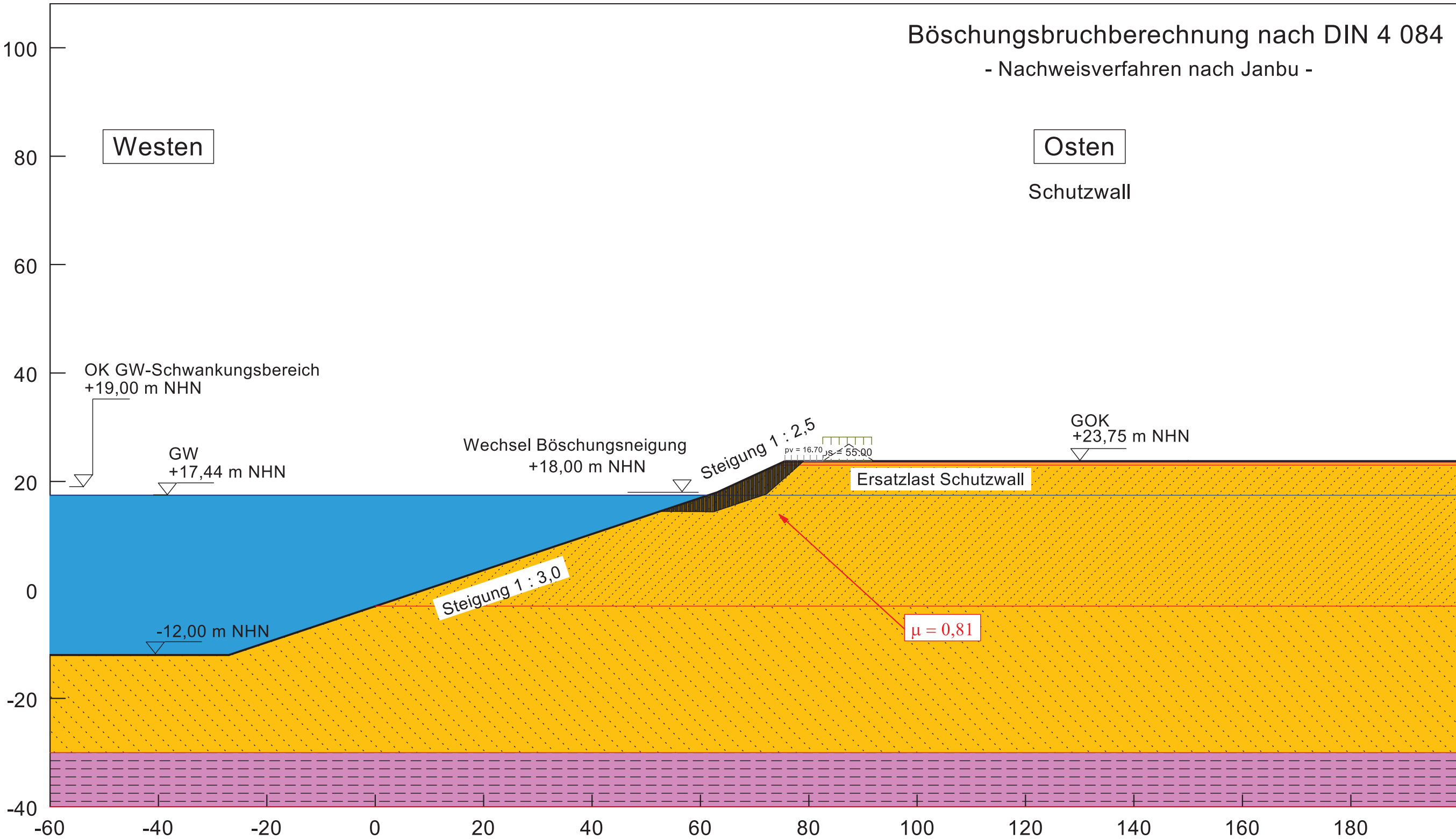
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.2a
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren nach Janbu -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
10 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 10: $\mu = 0.77$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.3a

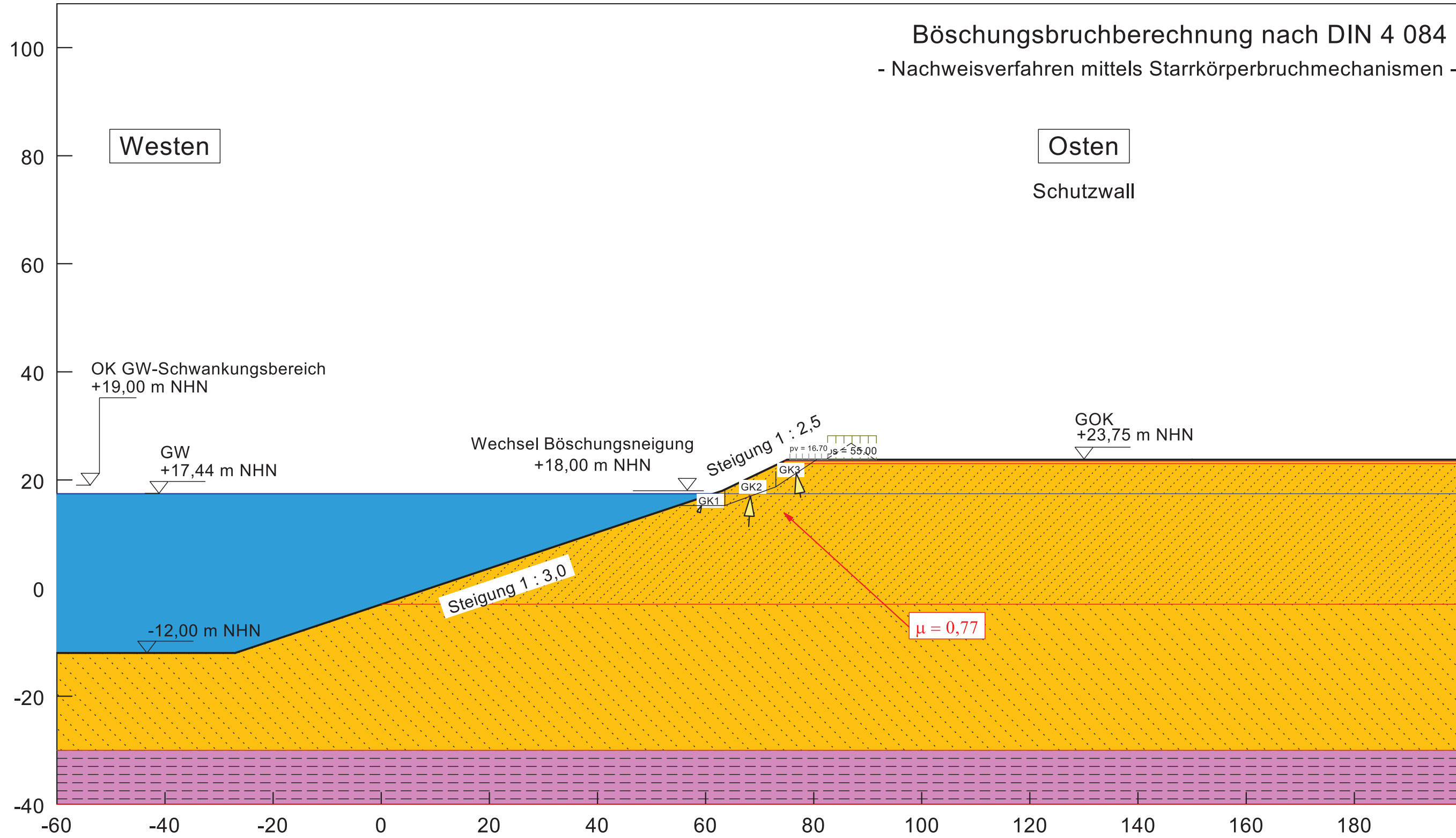
Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Starrkörperbruchmechanismen -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
10 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 9: $\mu = 0.76$
mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

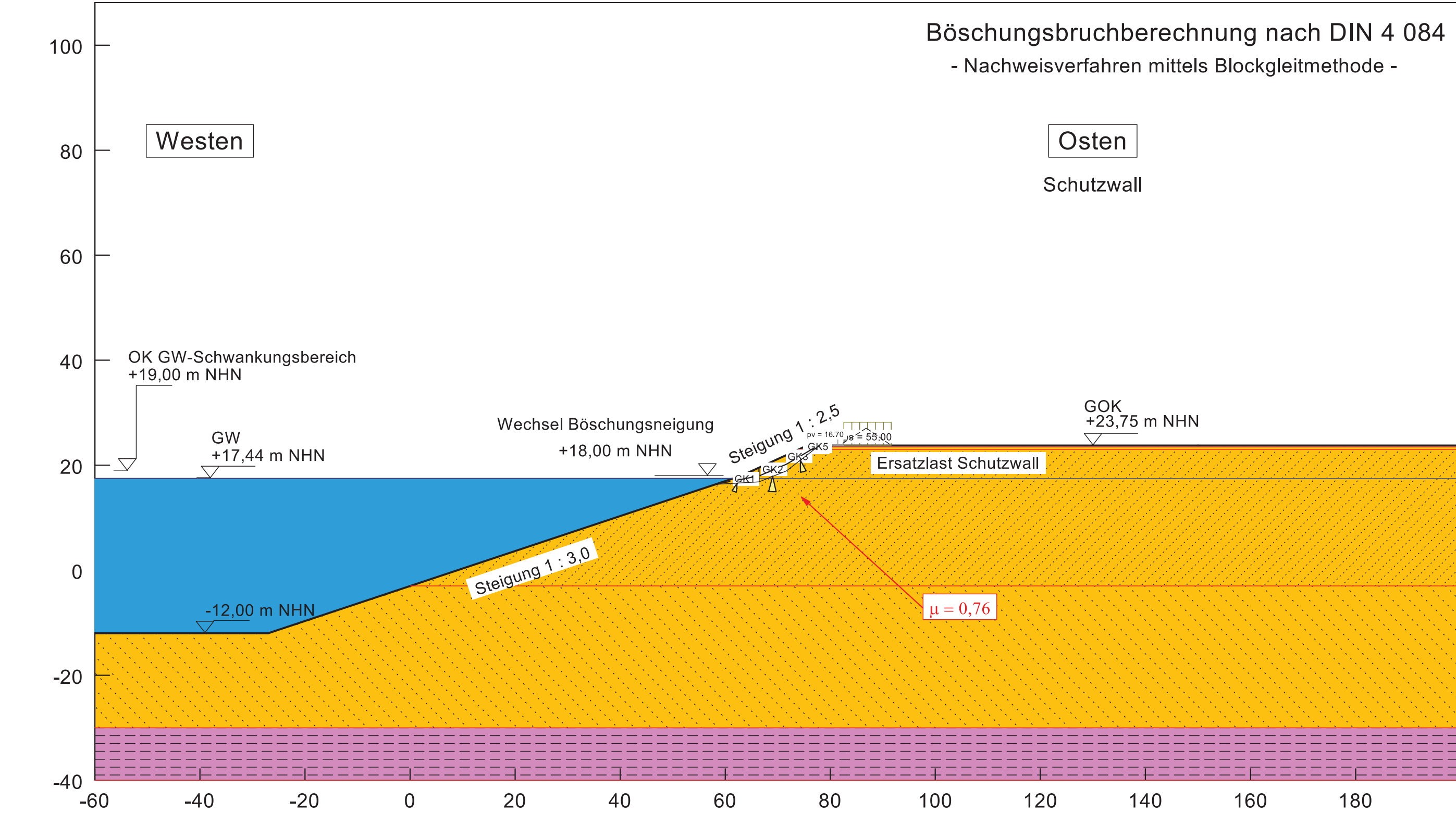
Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

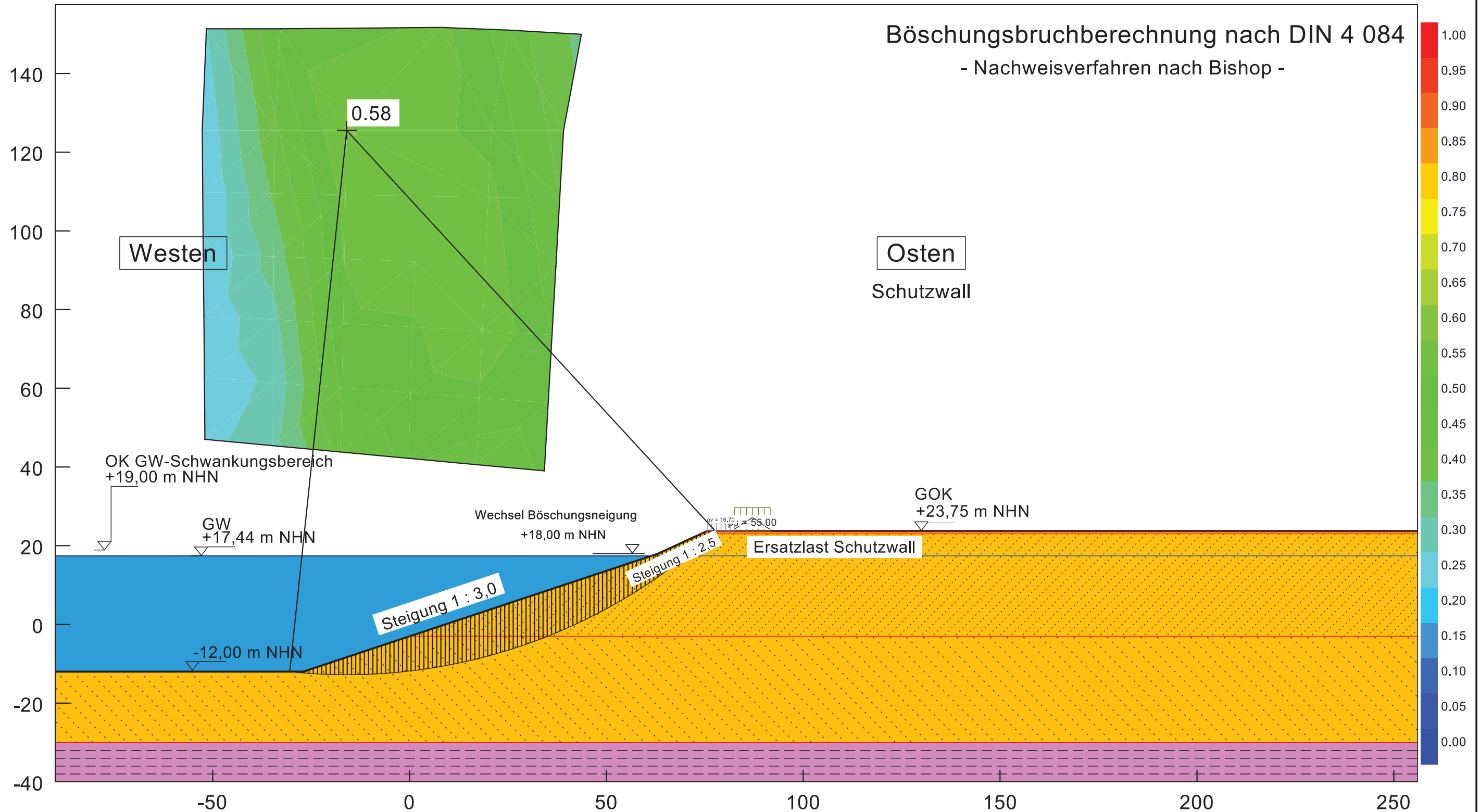
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.4a
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Stand sicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)





Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
7 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.60$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.2b

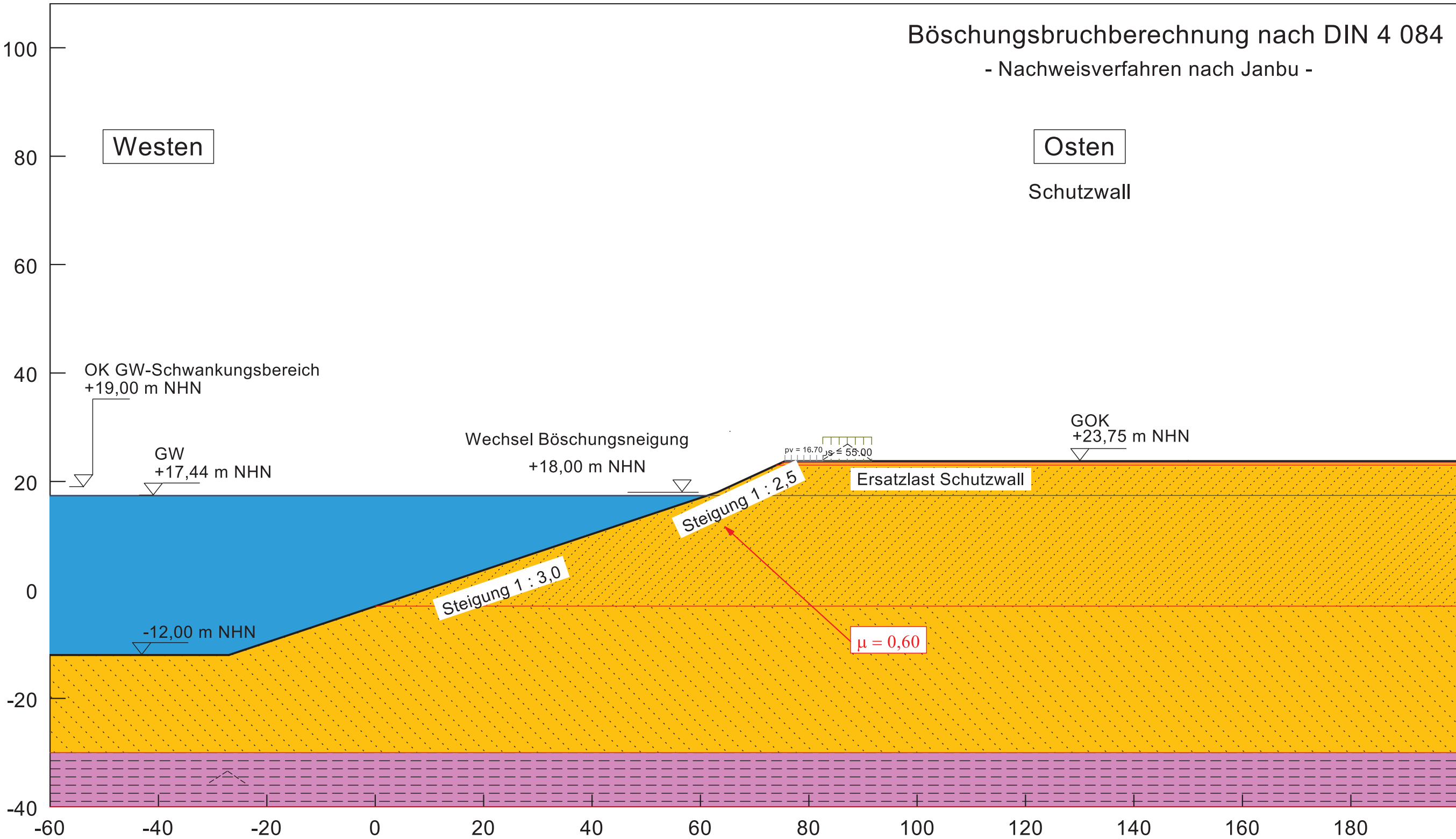
Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren nach Janbu -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.61$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

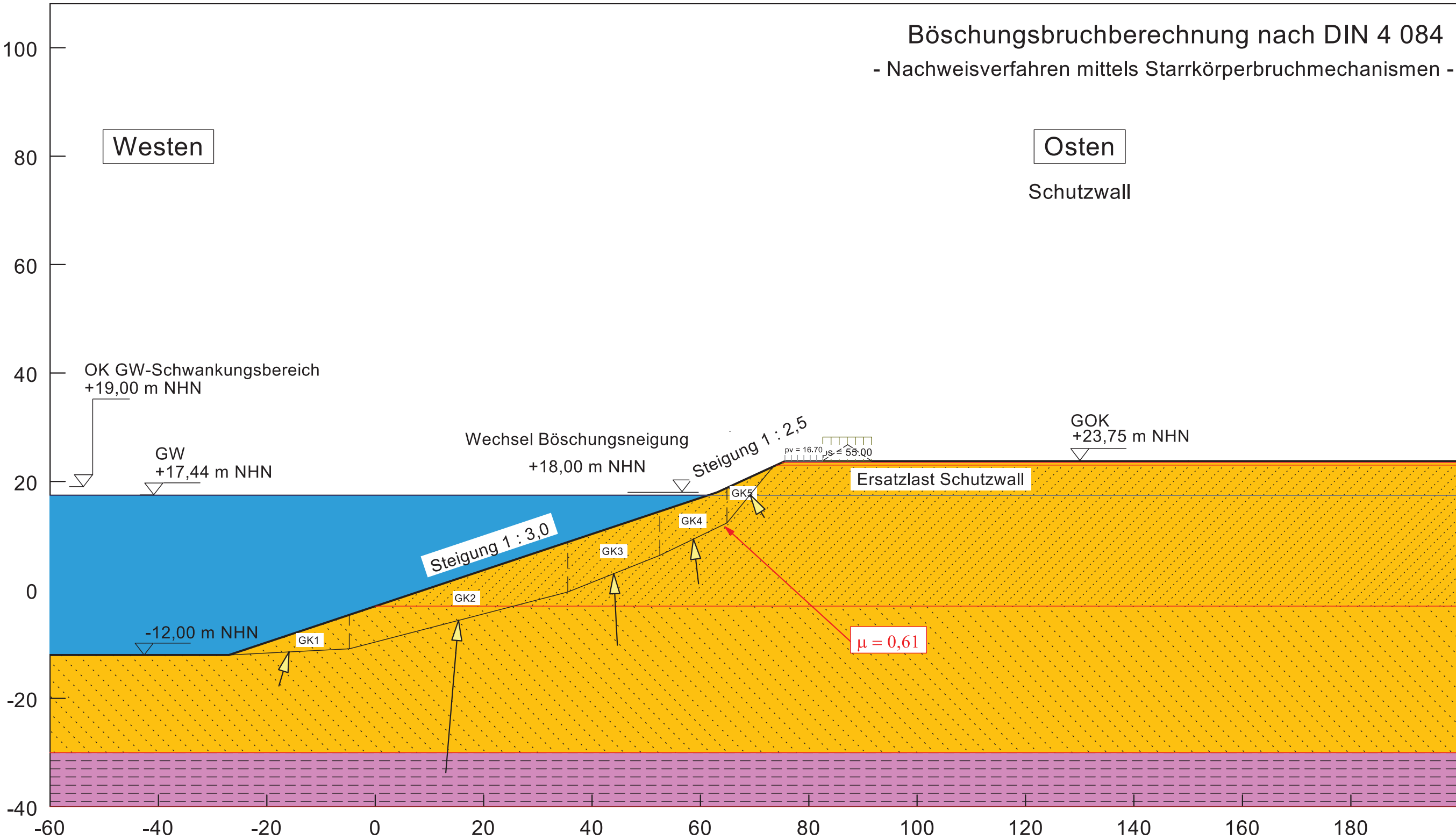
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.3b
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Stand sicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbauf läche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Starrkörperbruchmechanismen -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
8 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.54$
mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

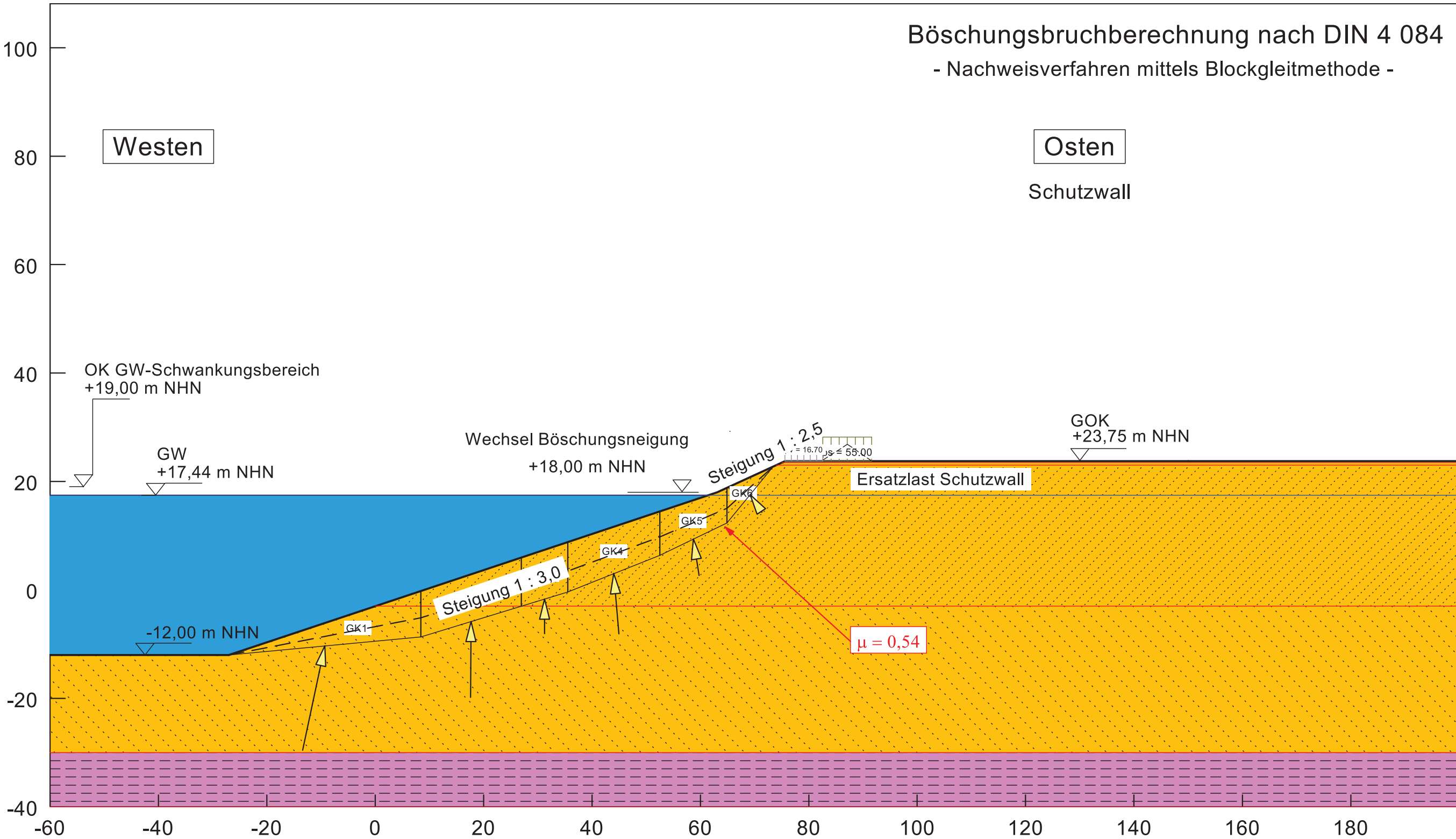
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.4b
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Stand sicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Blockgleitmethode -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
236 Mittelpunkte definiert.
2530 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\lambda_{\max} = 0.61$
 $x_m = -16.86 \text{ m}$ $y_m = 155.88 \text{ m}$
 $R = 167.85 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

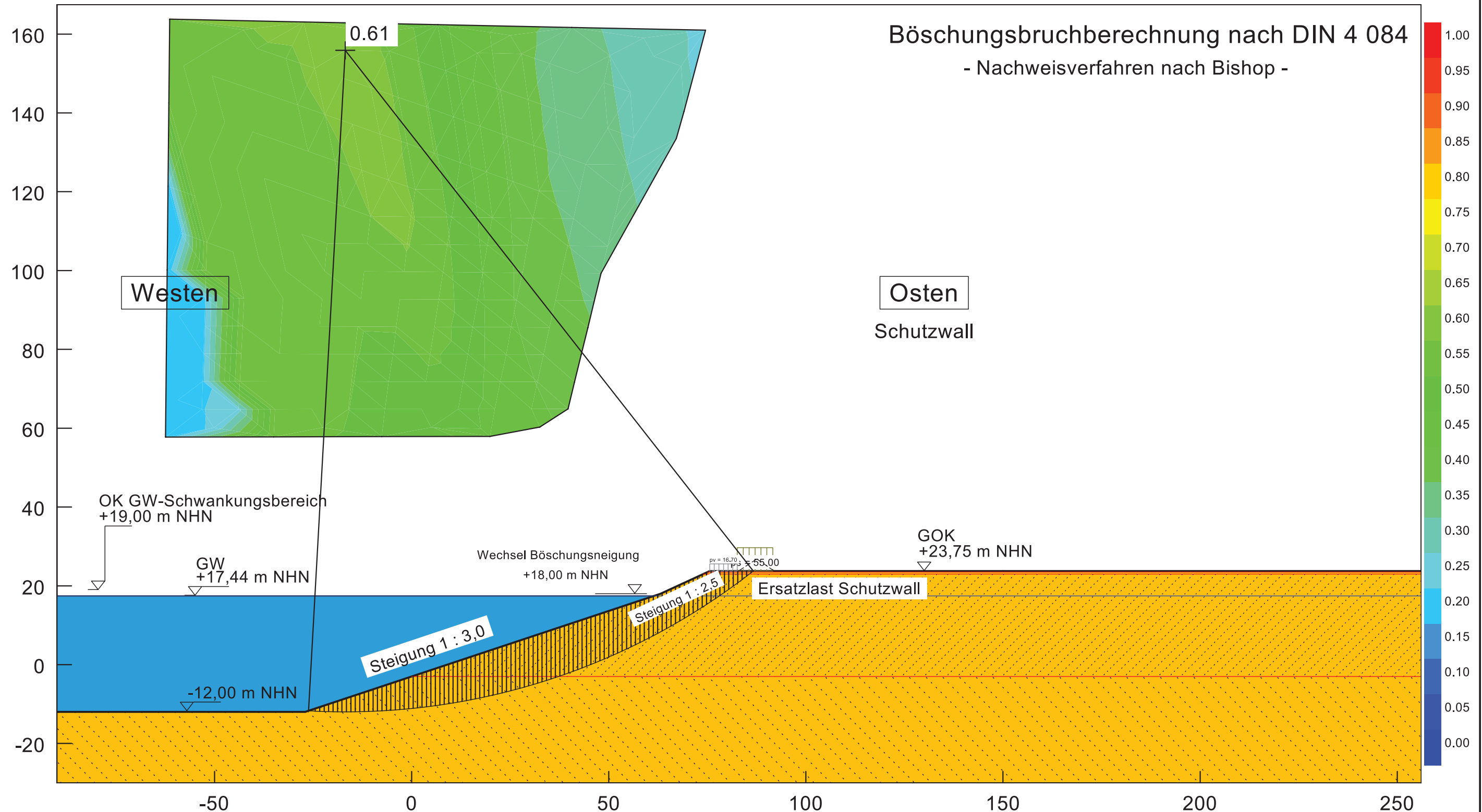
Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.1c
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 1.000 / 1 : 1.000
Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.65$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

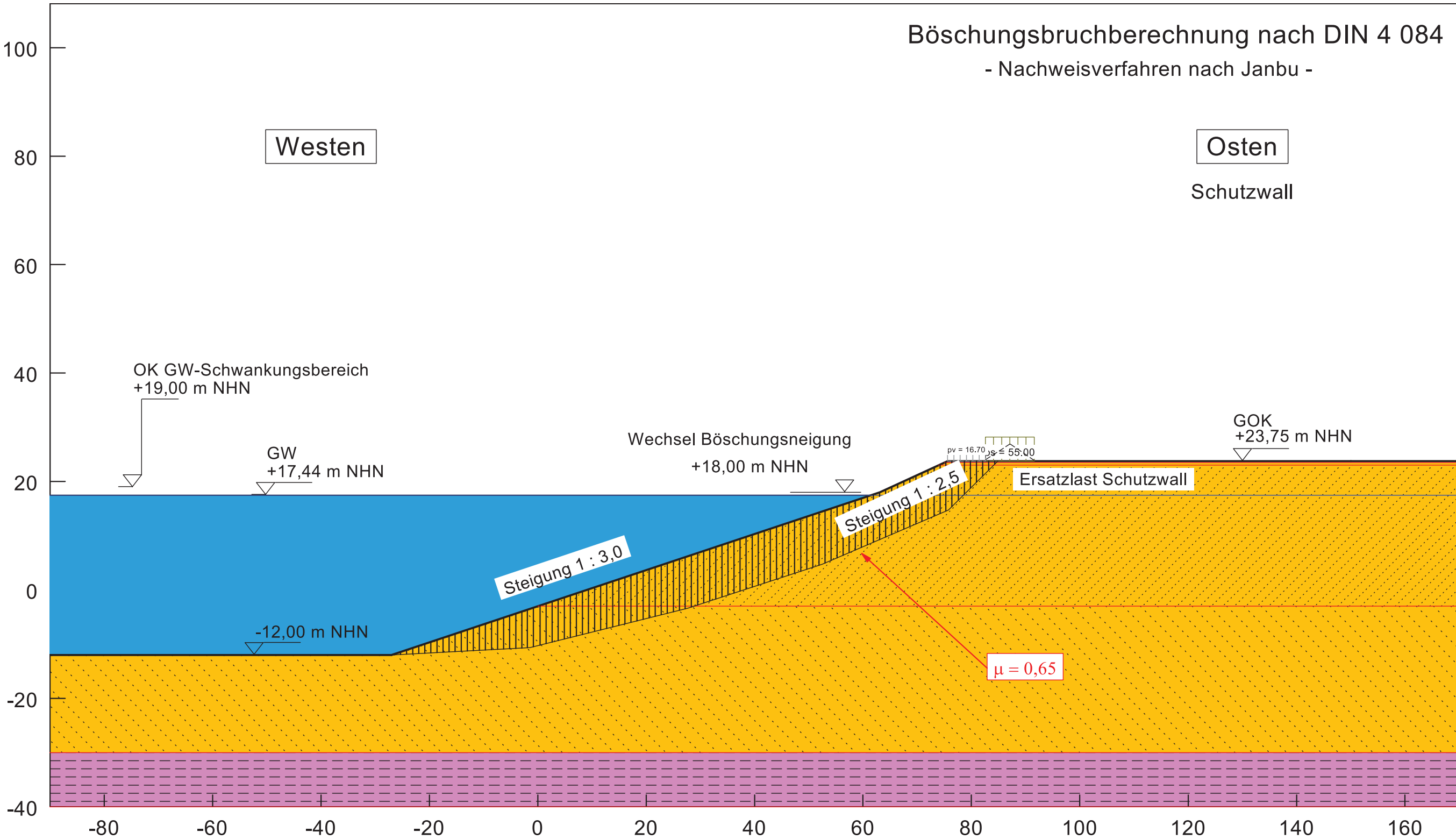
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.2c
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren nach Janbu -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
7 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 6: $\mu = 0.66$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.3c

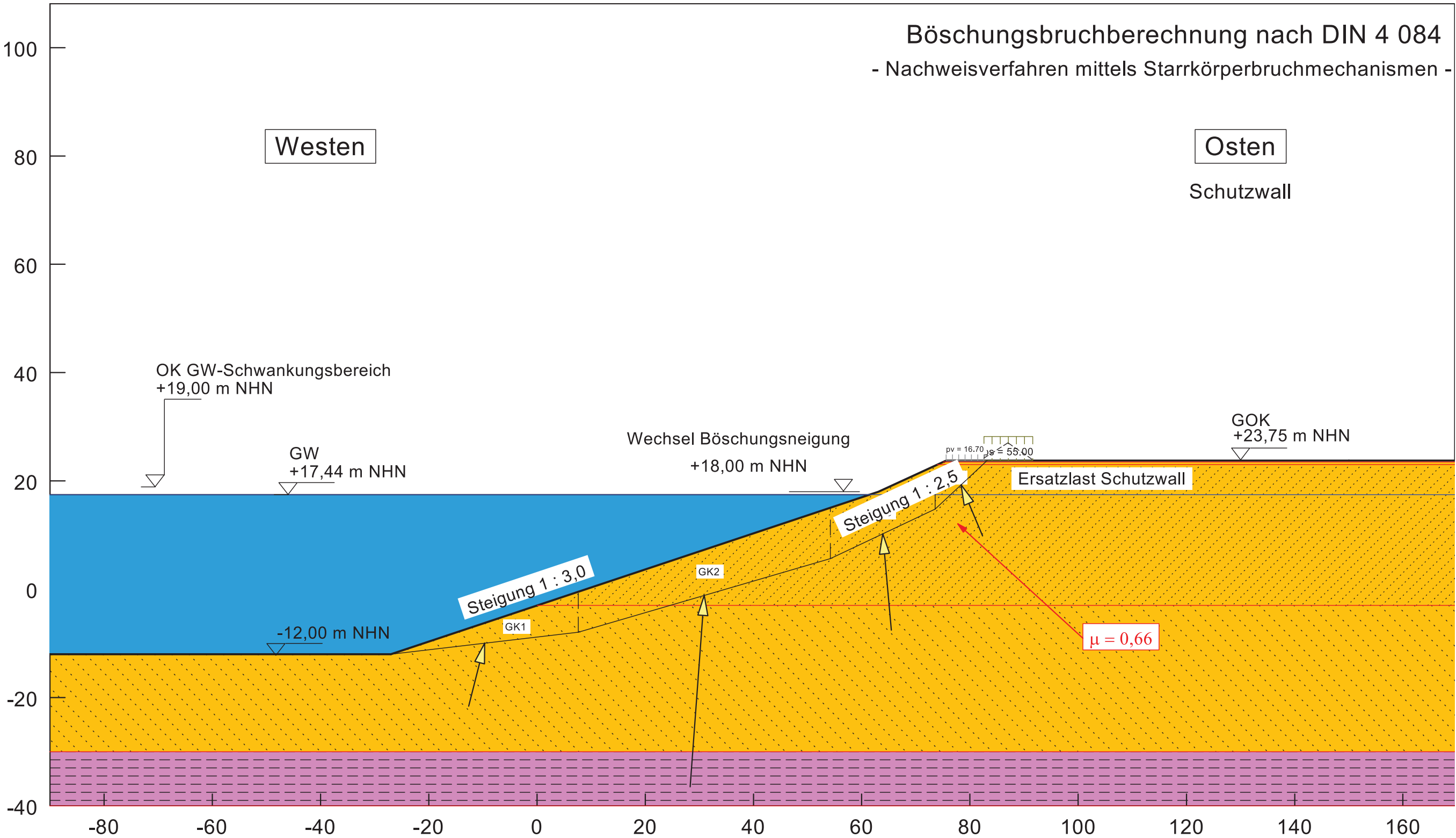
Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Stand sicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Starrkörperbruchmechanismen -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Bereich Kreisstraße
Berechnungsgrundlagen
7 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 6: $\mu = 0.58$
mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 30 (16,70 kN/m²)
Ansatz Schutzwall: 55,00 kN/m²



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

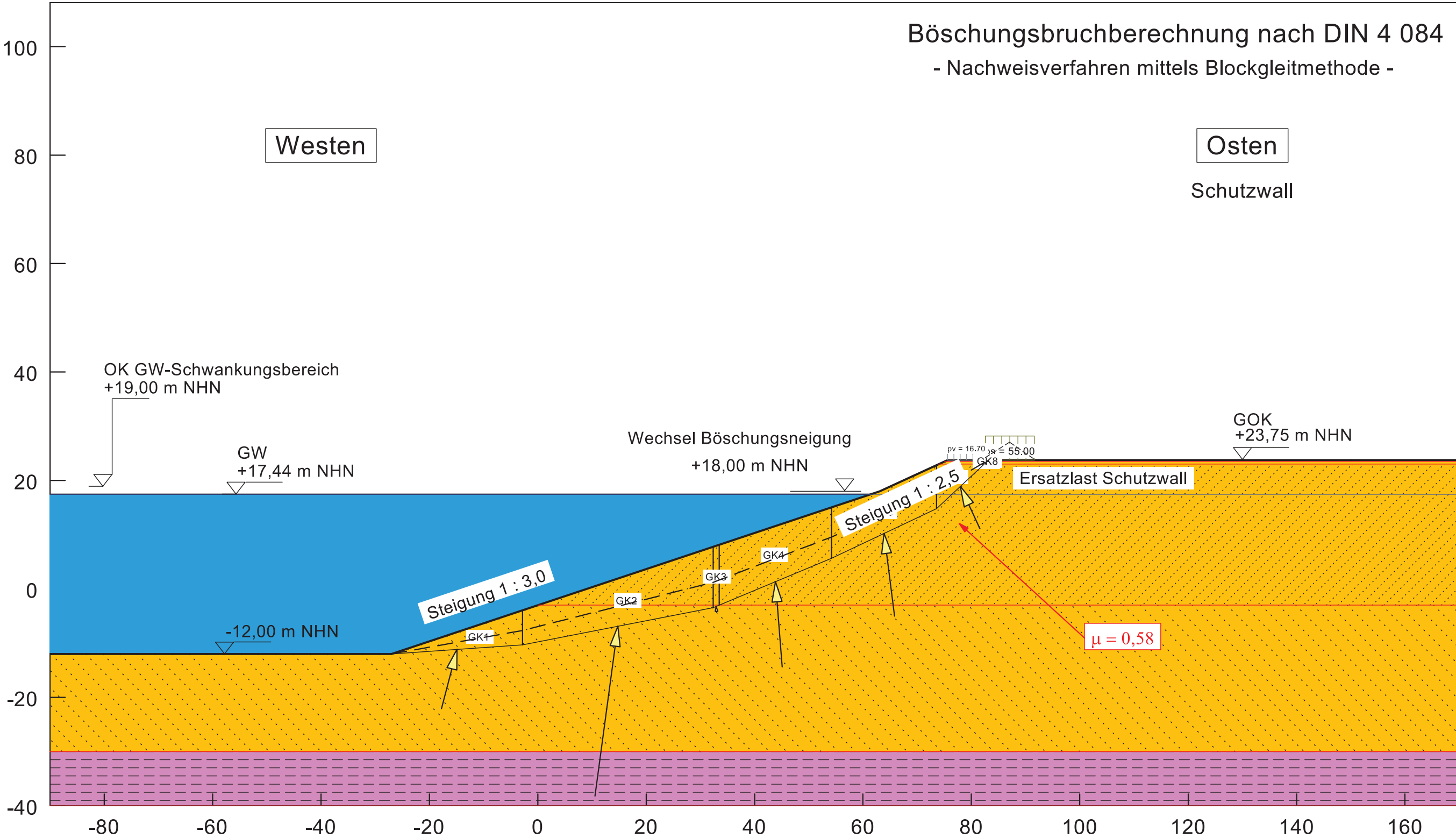
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
1.4c
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche Osten | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Blockgleitmethode -



Standsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
99 Mittelpunkte definiert.
2100 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.98$
 $x_m = 59.15 \text{ m}$ $y_m = 40.96 \text{ m}$
 $R = 26.11 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

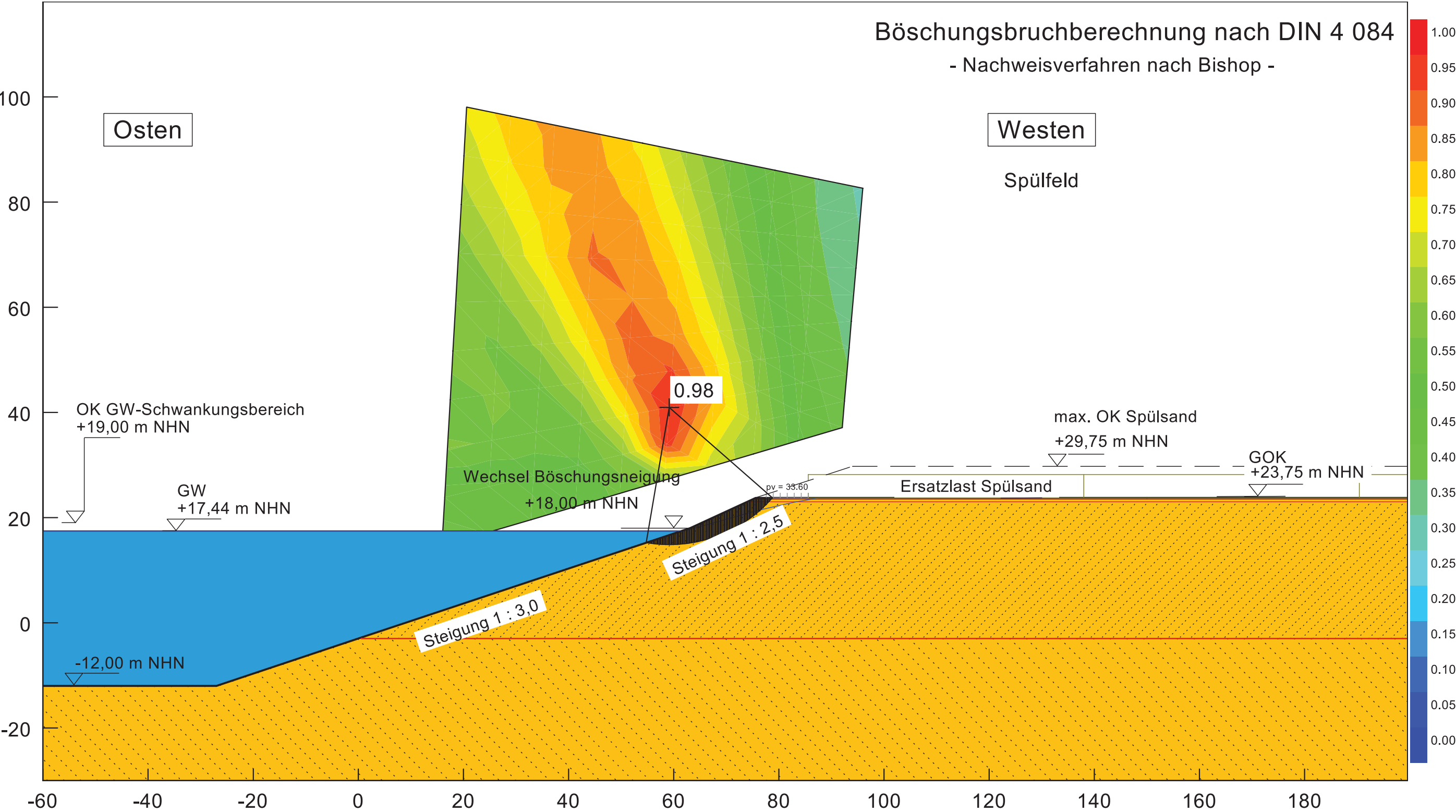
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
2.1a
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren nach Bishop -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
7 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.92$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

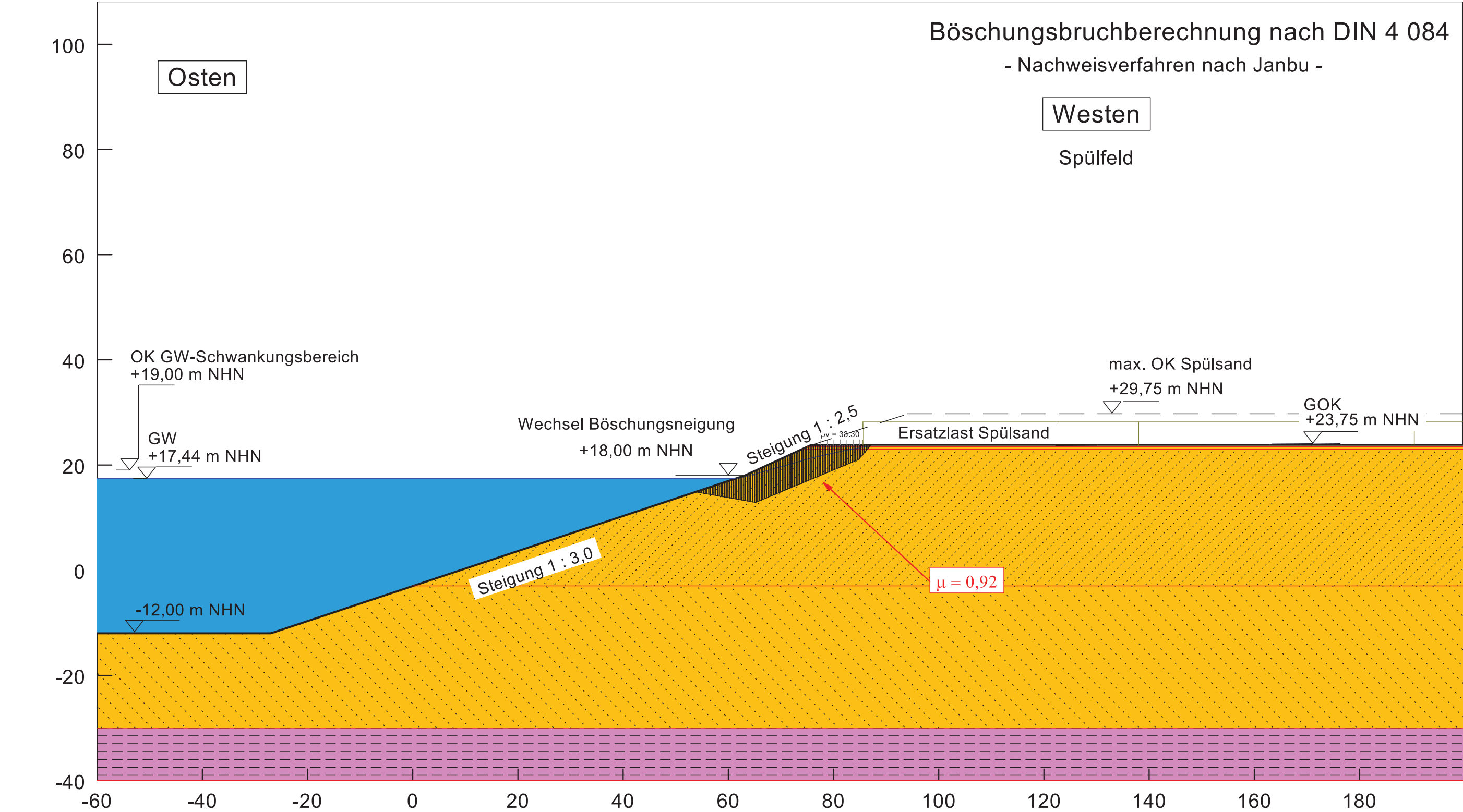
Anlage :
2.2a

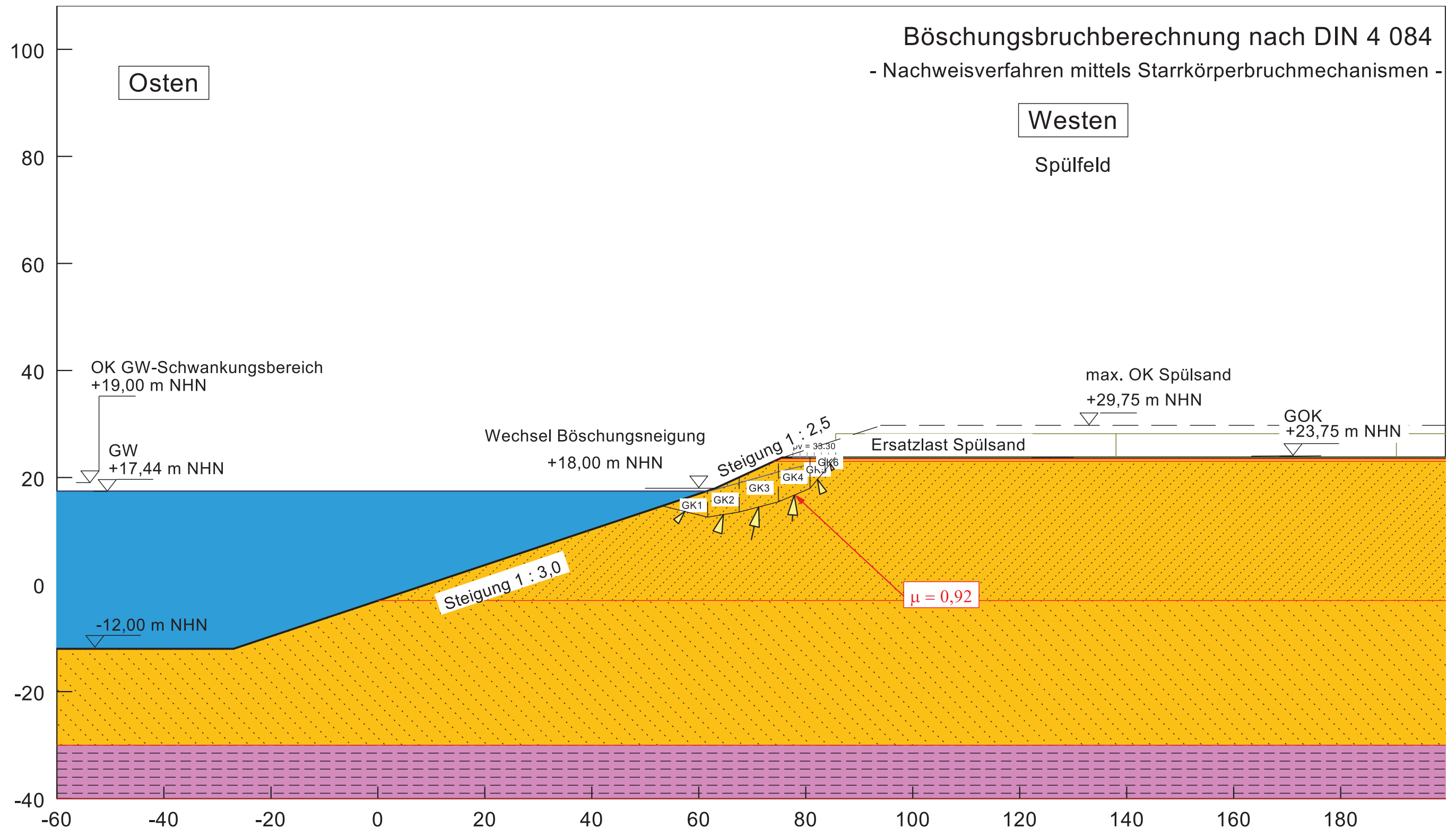
Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)





Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
8 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.85$

mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

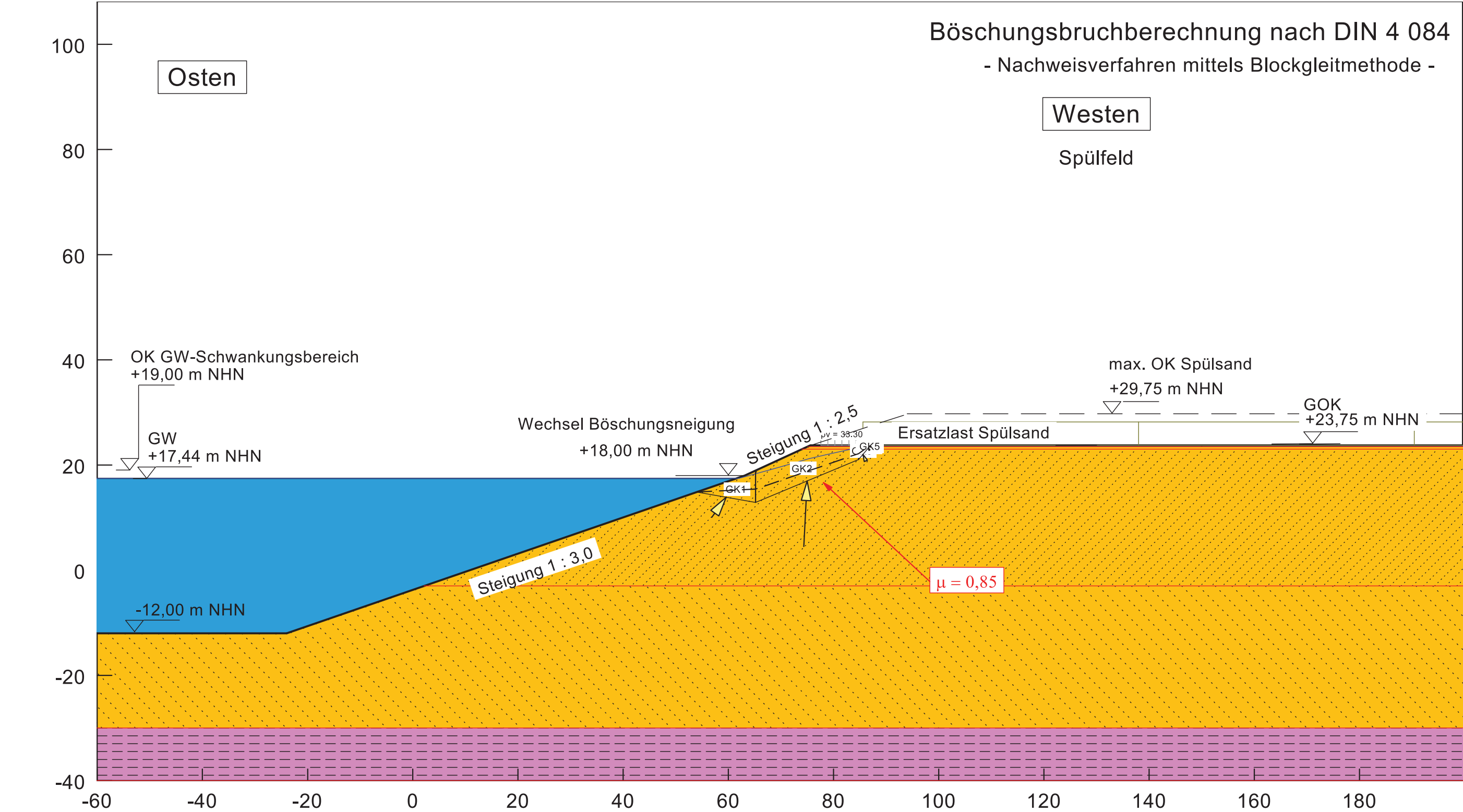
Anlage :
2.4a

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
28 Mittelpunkte definiert.
448 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.53$
 $x_m = -7.23 \text{ m}$ $y_m = 89.86 \text{ m}$
 $R = 102.87 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

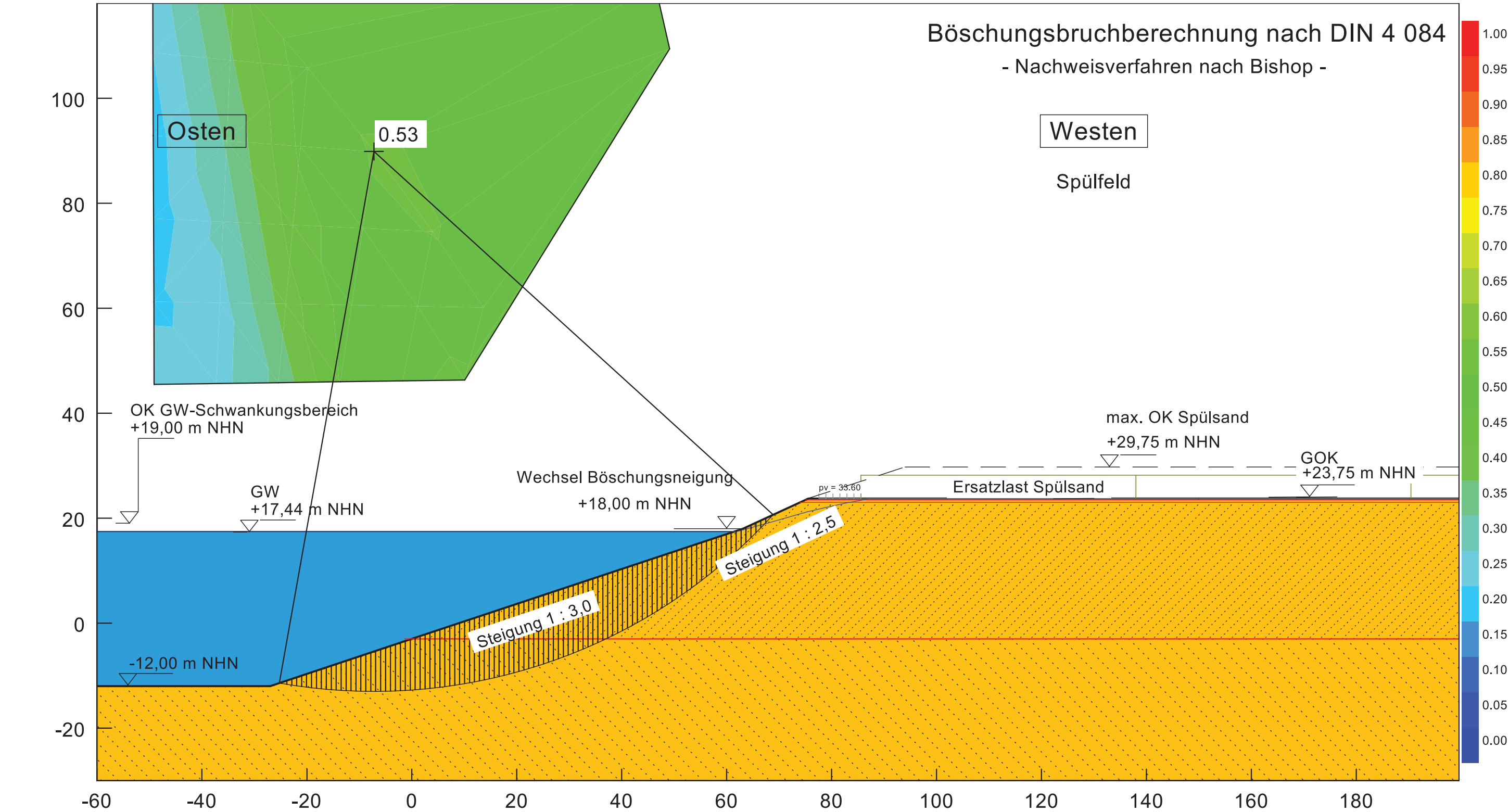
Anlage :
2.1b

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.57$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

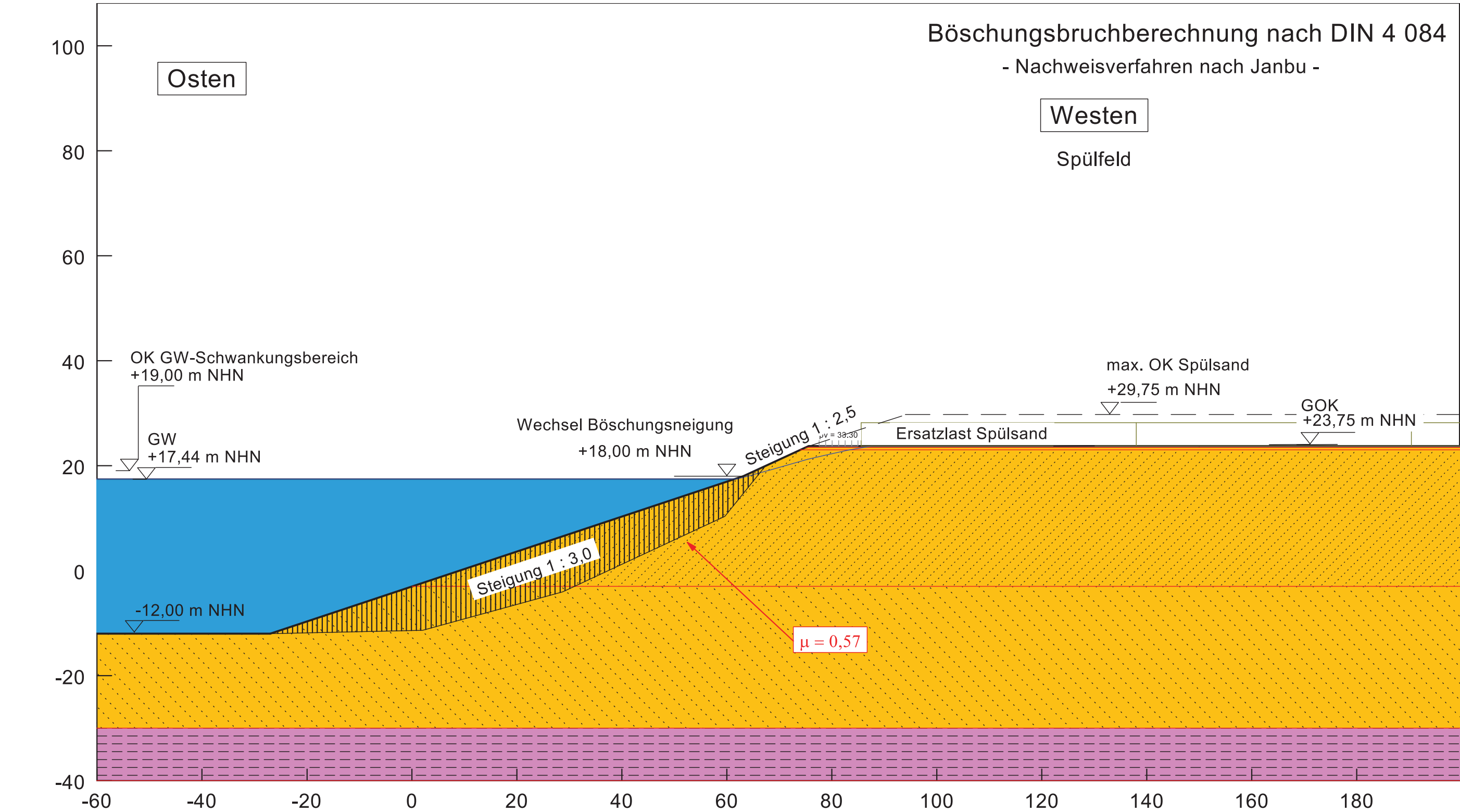
Anlage :
2.2b

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
6 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.61$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
2.3b

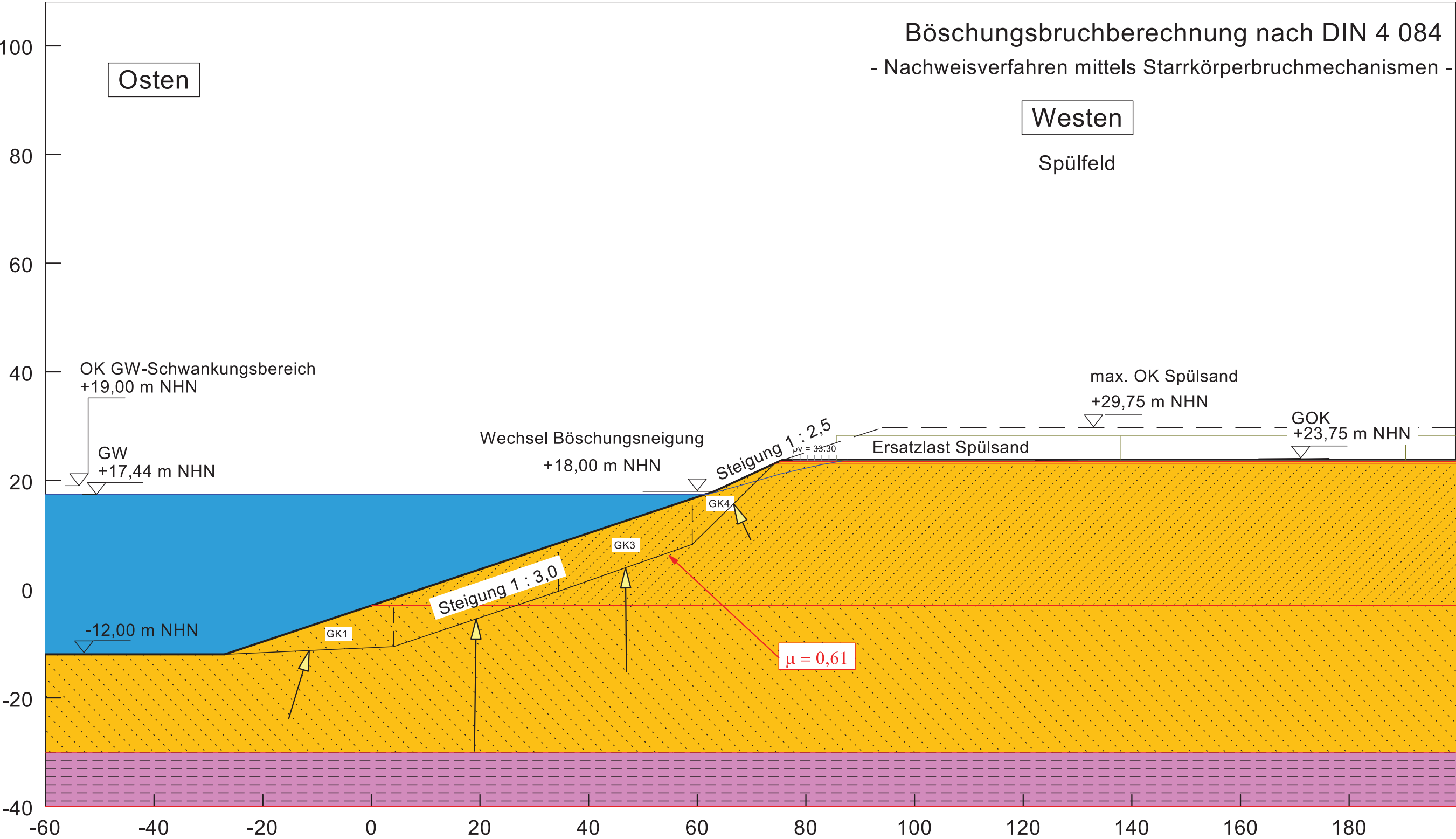
Bericht :
23 - 18115.3

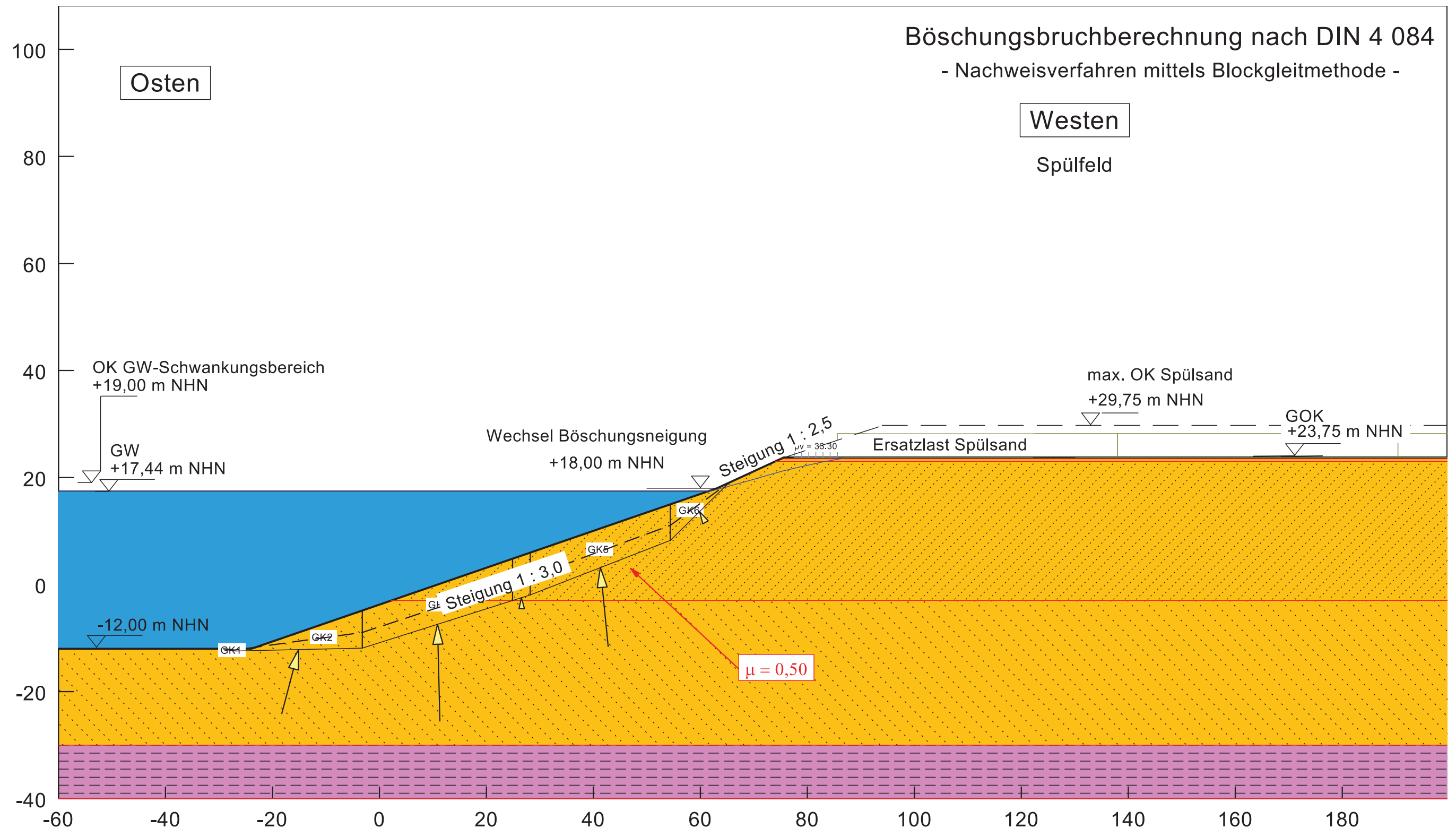
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

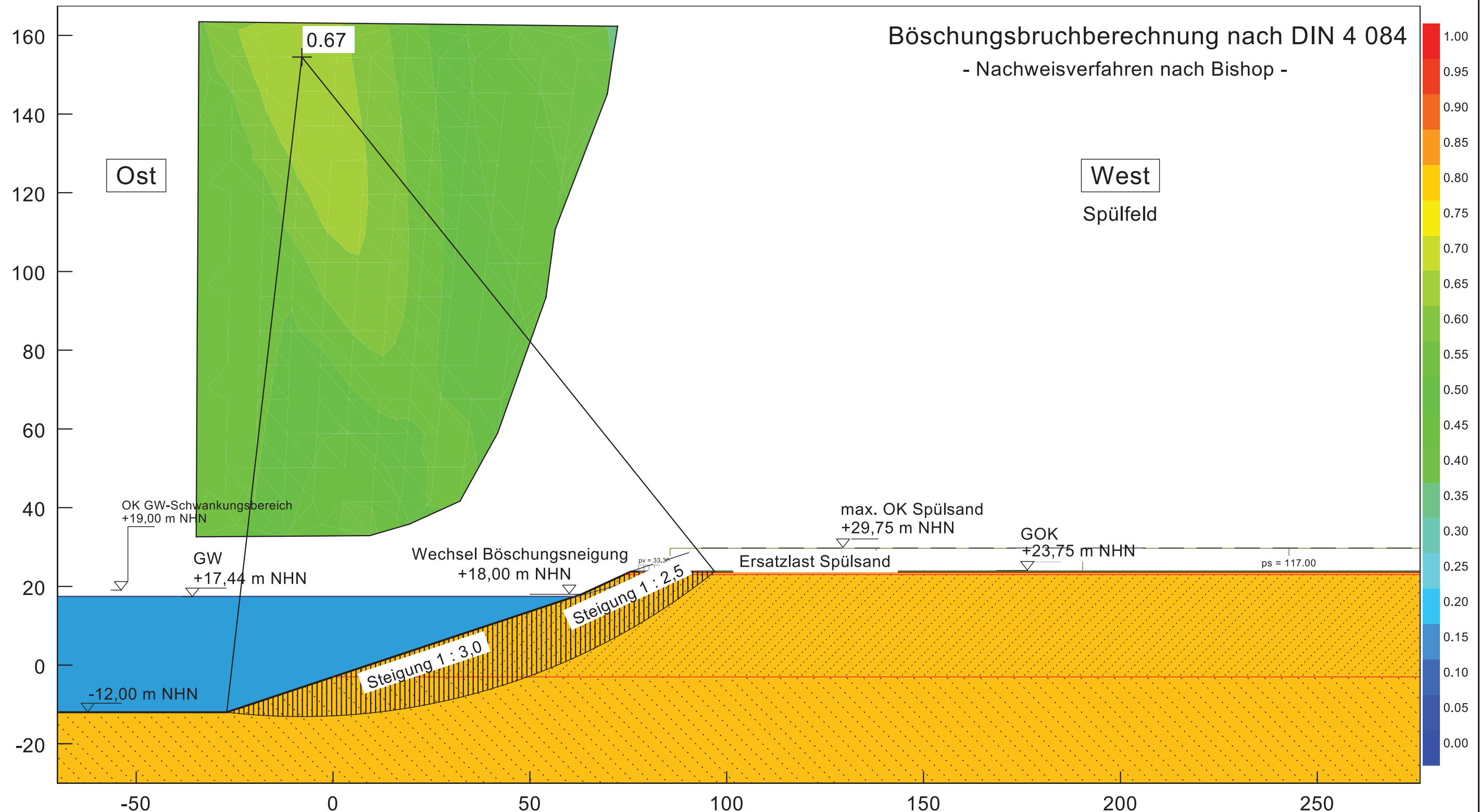
Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Starrkörperbruchmechanismen -







Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.71$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

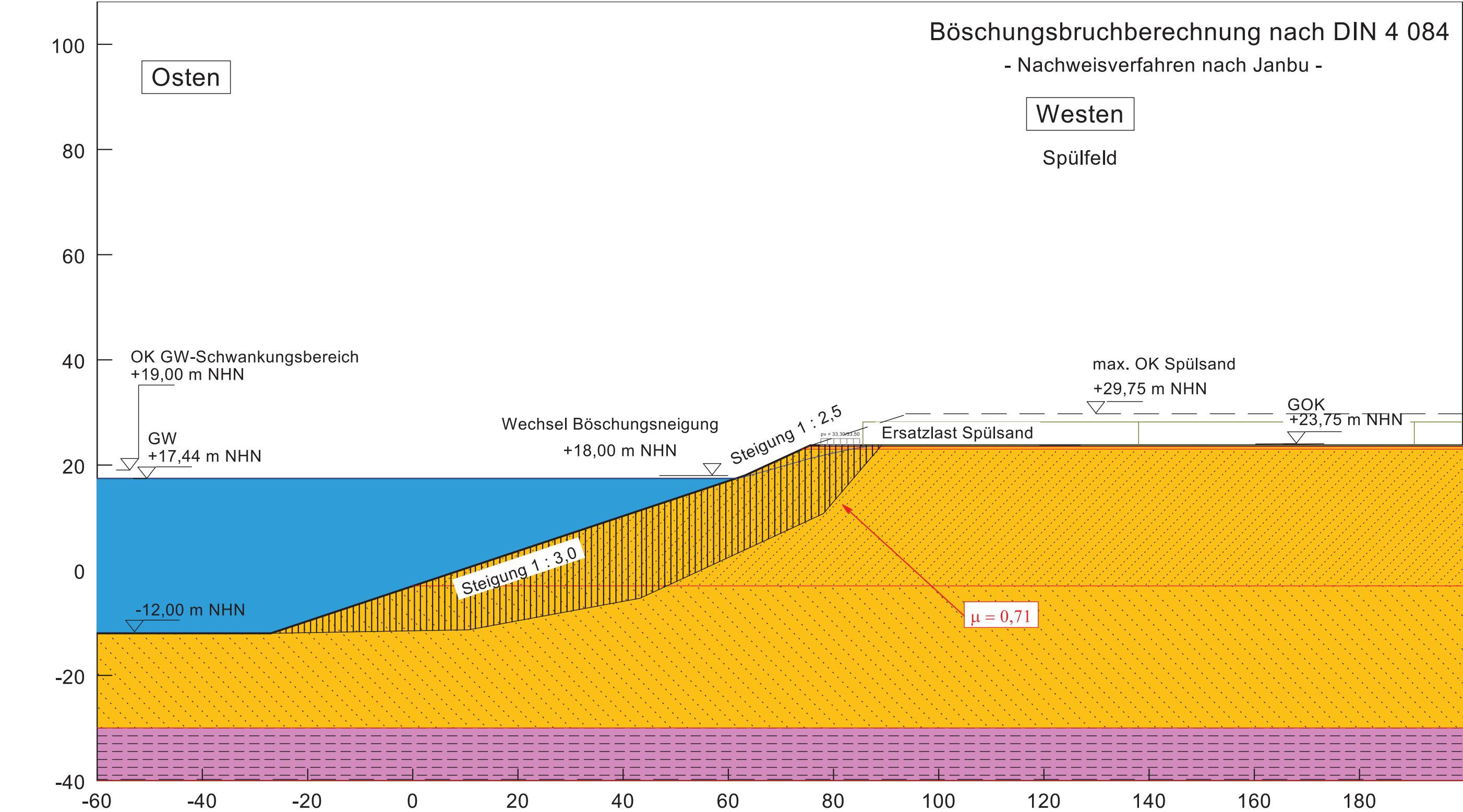
Anlage :
2.2c

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
4 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Gleitkörper Nr. 2: $\mu = 0.69$

mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

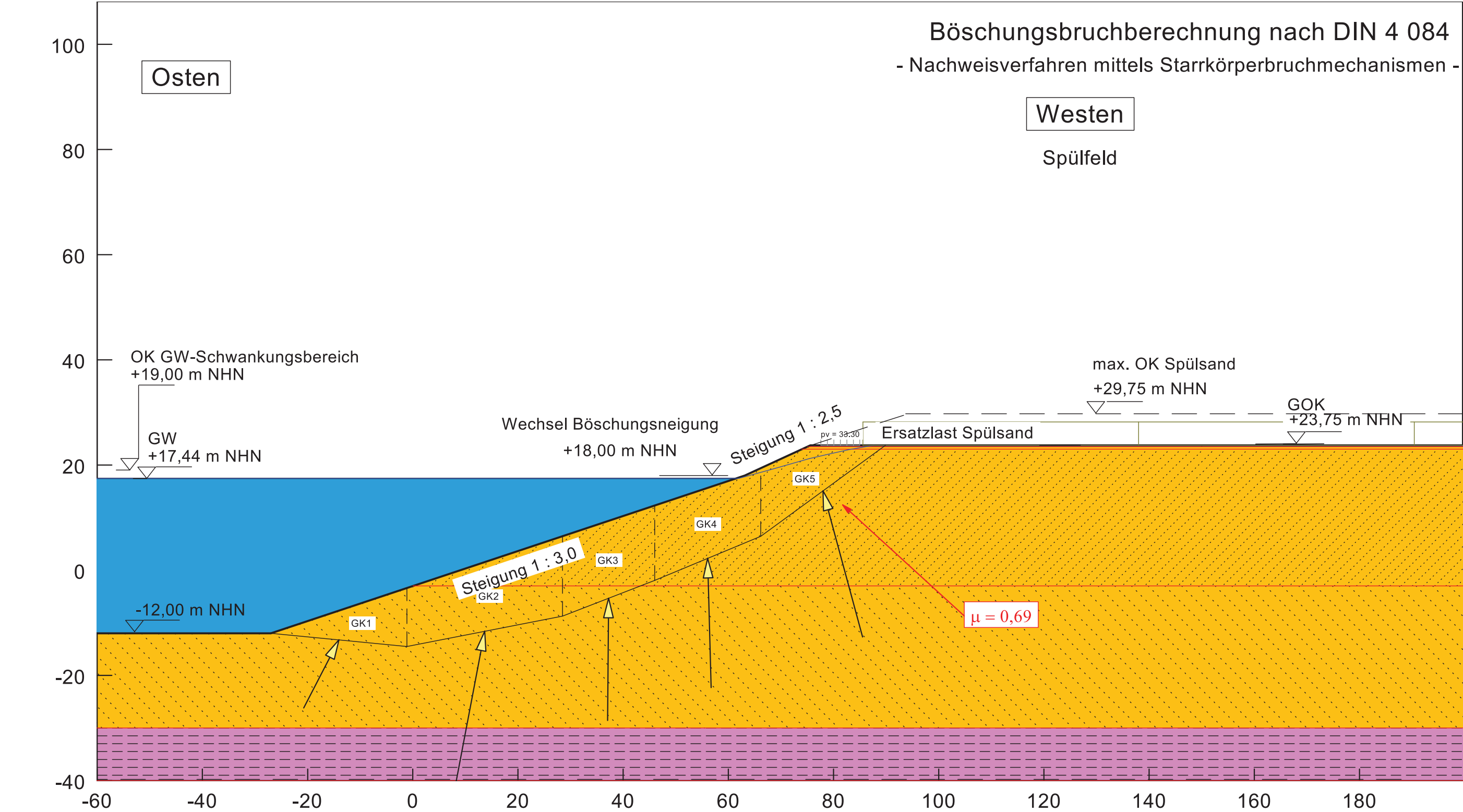
Anlage :
2.3c

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
Spülfeld
Berechnungsgrundlagen
7 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.67$
mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.50	Spülsand
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
2.4c

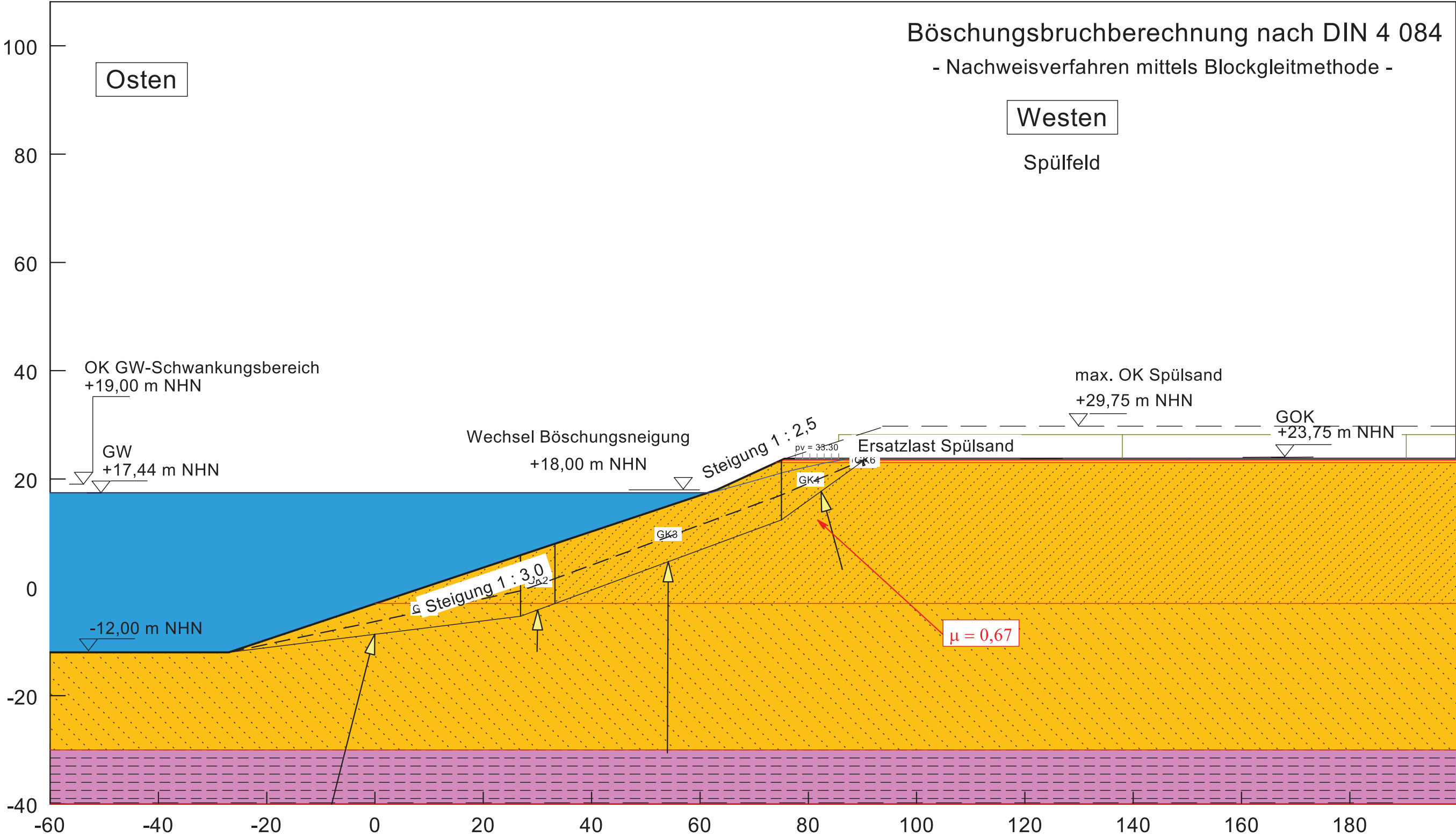
Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Blockgleitmethode -



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
236 Mittelpunkte definiert.
3801 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.76$
 $x_m = 57.82\text{ m}$ $y_m = 74.66\text{ m}$
 $R = 65.56\text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18
21255 Tostedt

Tel.: 04182 - 28 77 0
Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

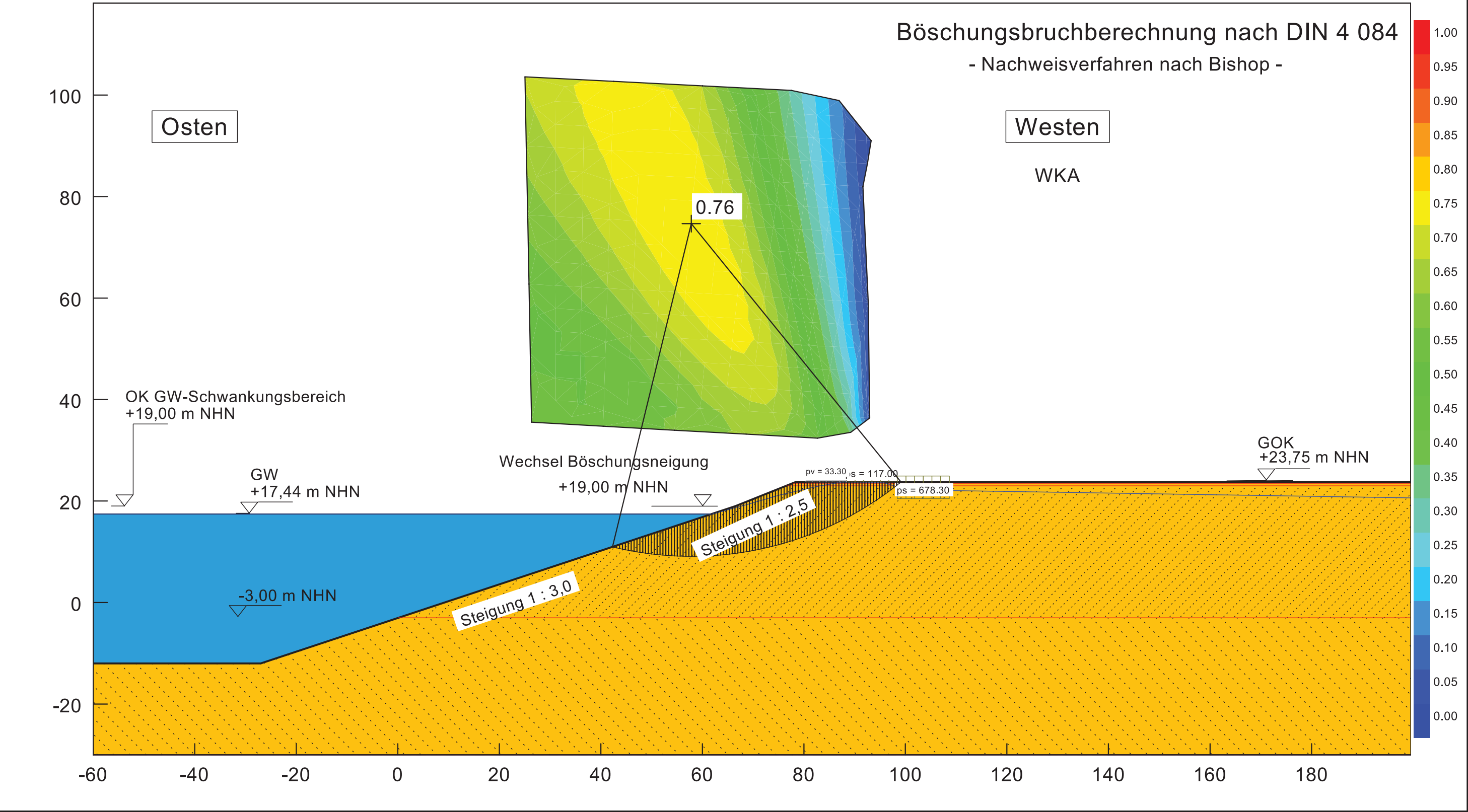
Anlage :
3.1a

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 2: $\mu = 0.78$

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

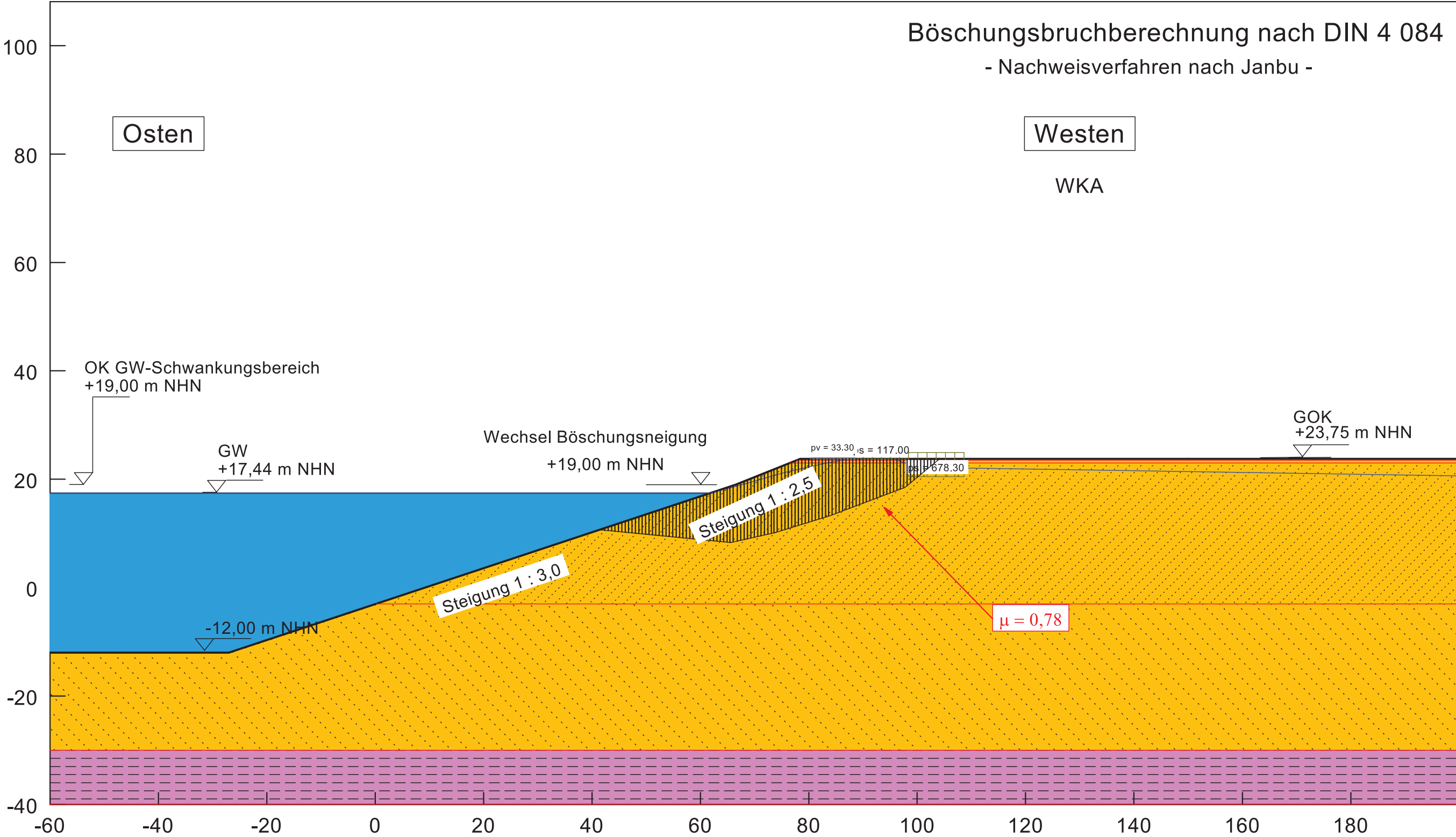
Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
3.2a
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren nach Janbu -



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
7 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 2: $\mu = 0.77$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
3.3a

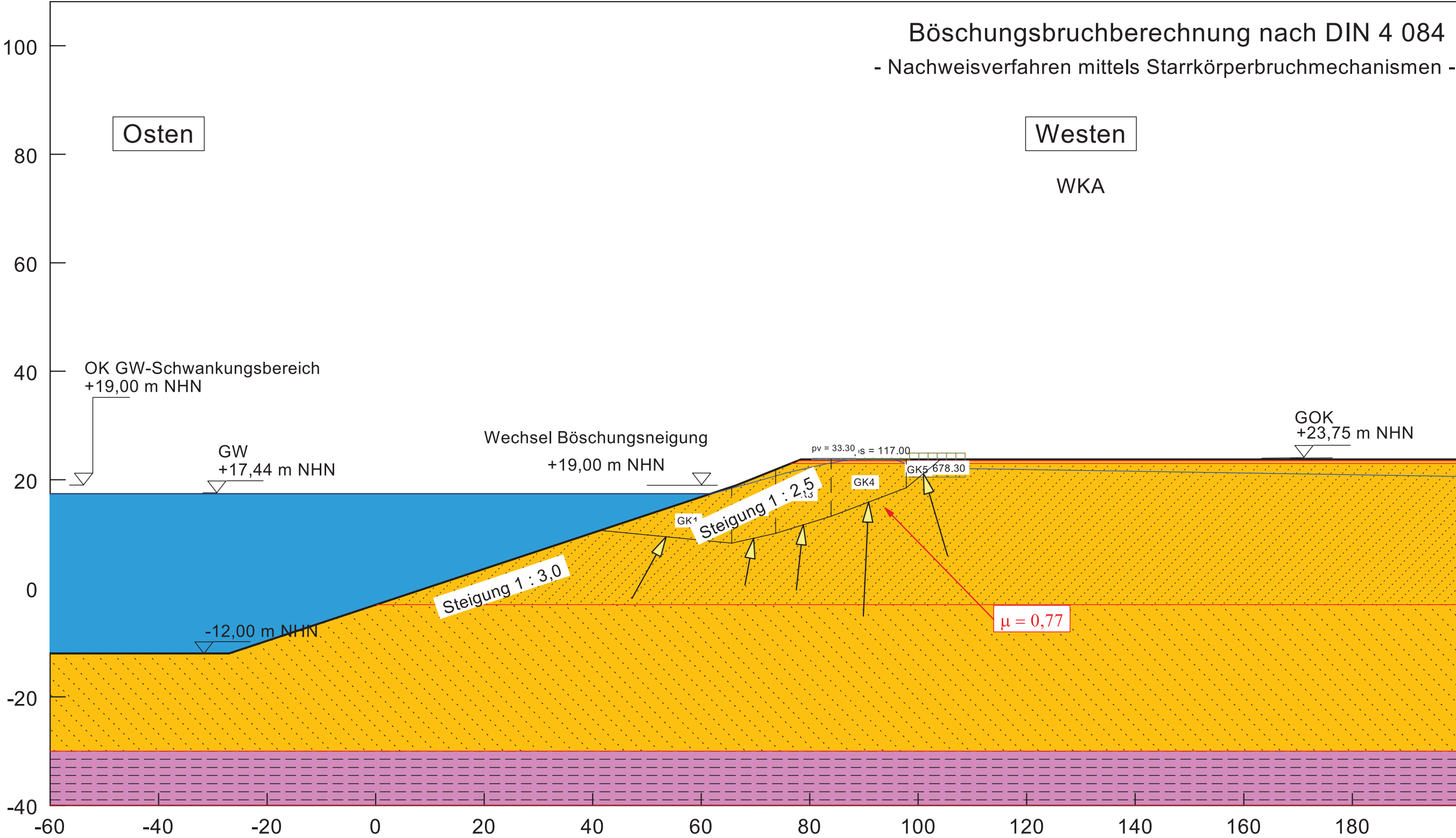
Bericht :
23 - 18115.3

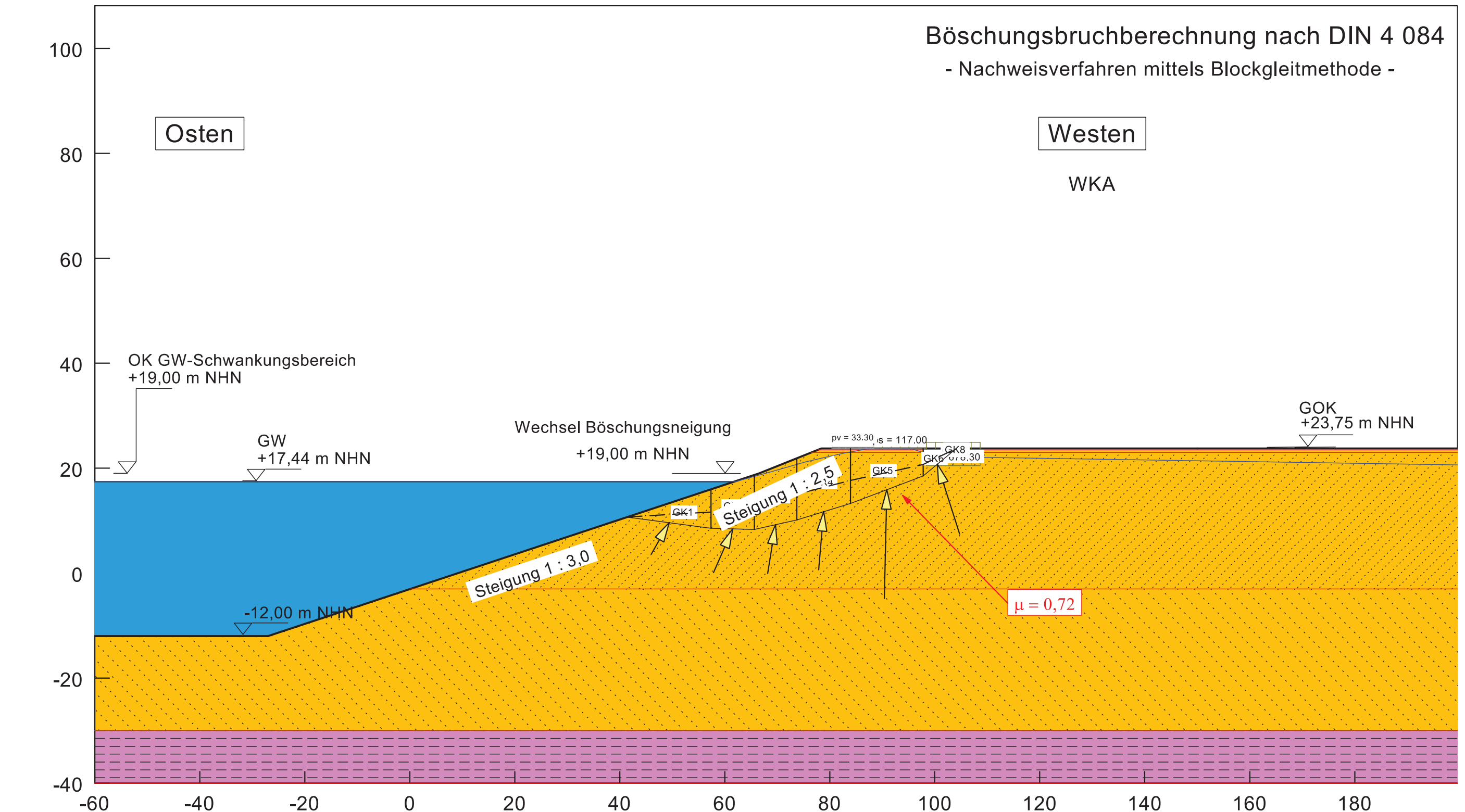
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Starrkörperbruchmechanismen -





Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung WKA
Berechnungsgrundlagen
26 Mittelpunkte definiert.
542 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{\max} = 0.53$
 $x_m = -6.53 \text{ m}$ $y_m = 91.65 \text{ m}$
 $R = 106.36 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18
21255 Tostedt

Tel.: 04182 - 28 77 0
Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

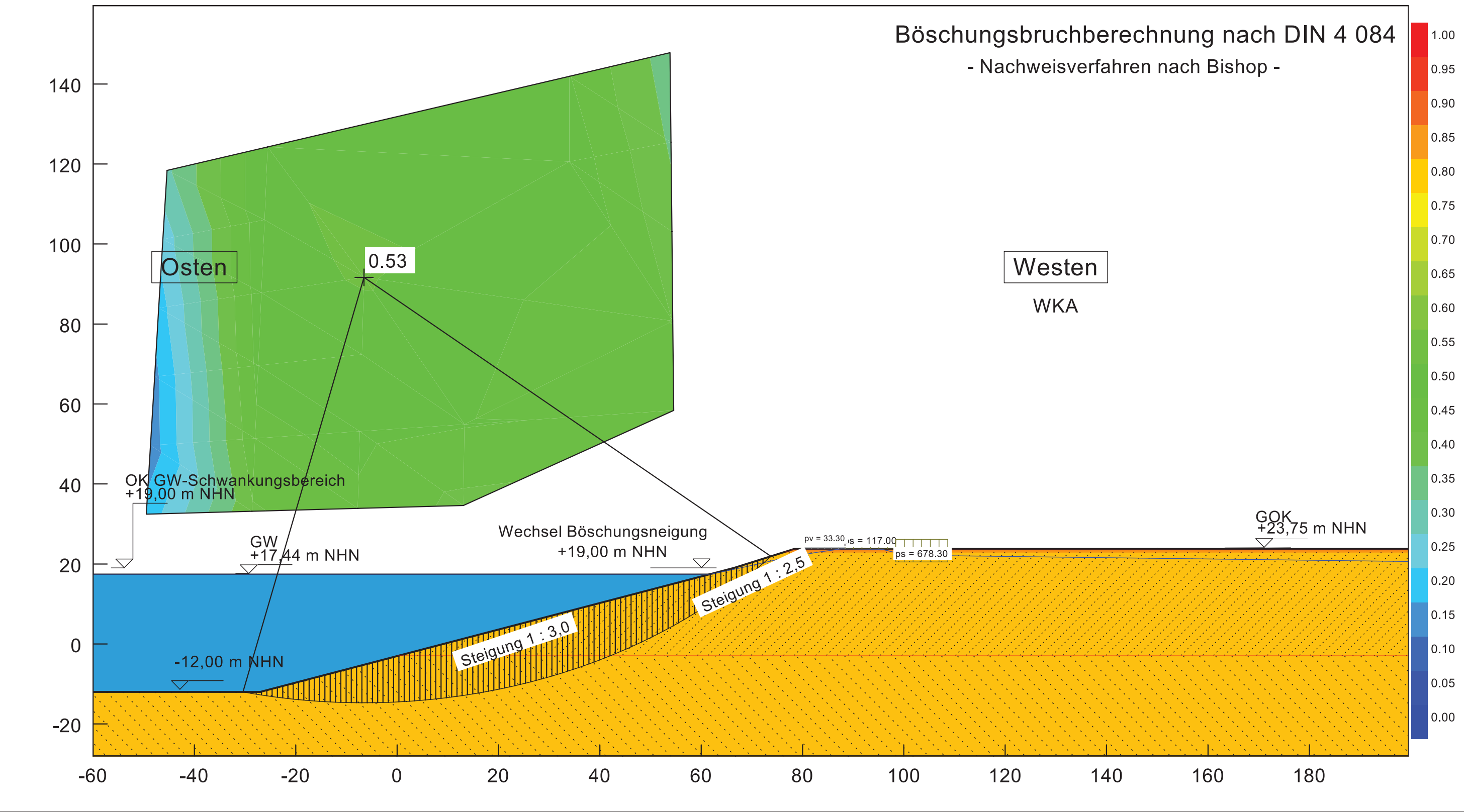
Anlage :
3.1b

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 950

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.58$

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK

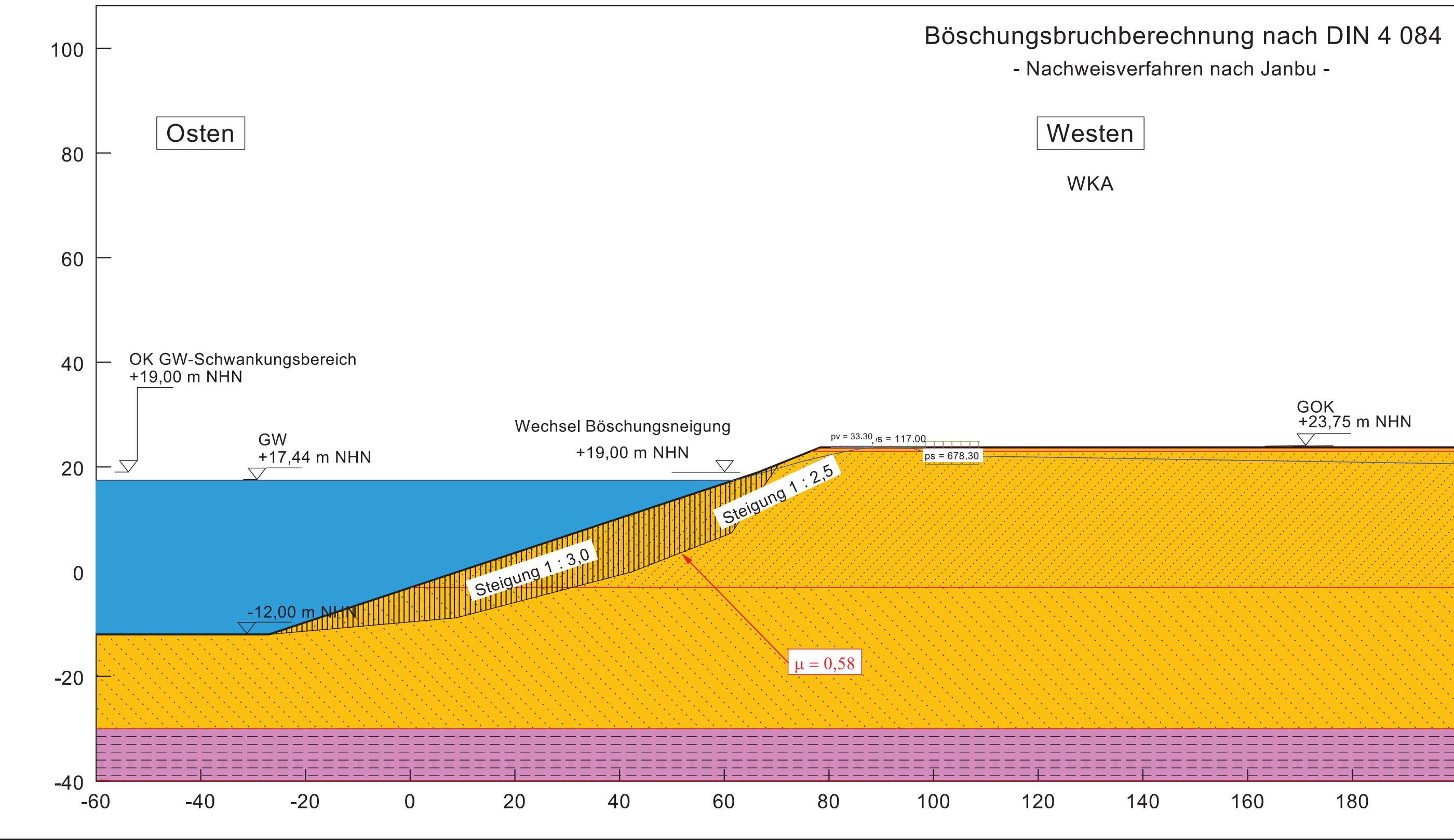


Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt : Erweiterung Sandabbau Sandgrube Tobaben Kutenholz - Mulsum	Anlage : 3.2b
Auftraggeber : SWECO GmbH	Bericht : 23 - 18115.3
	Maßstab (L/H) : 1 : 750 / 1 : 750
	Datum : 20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.57$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
3.3b

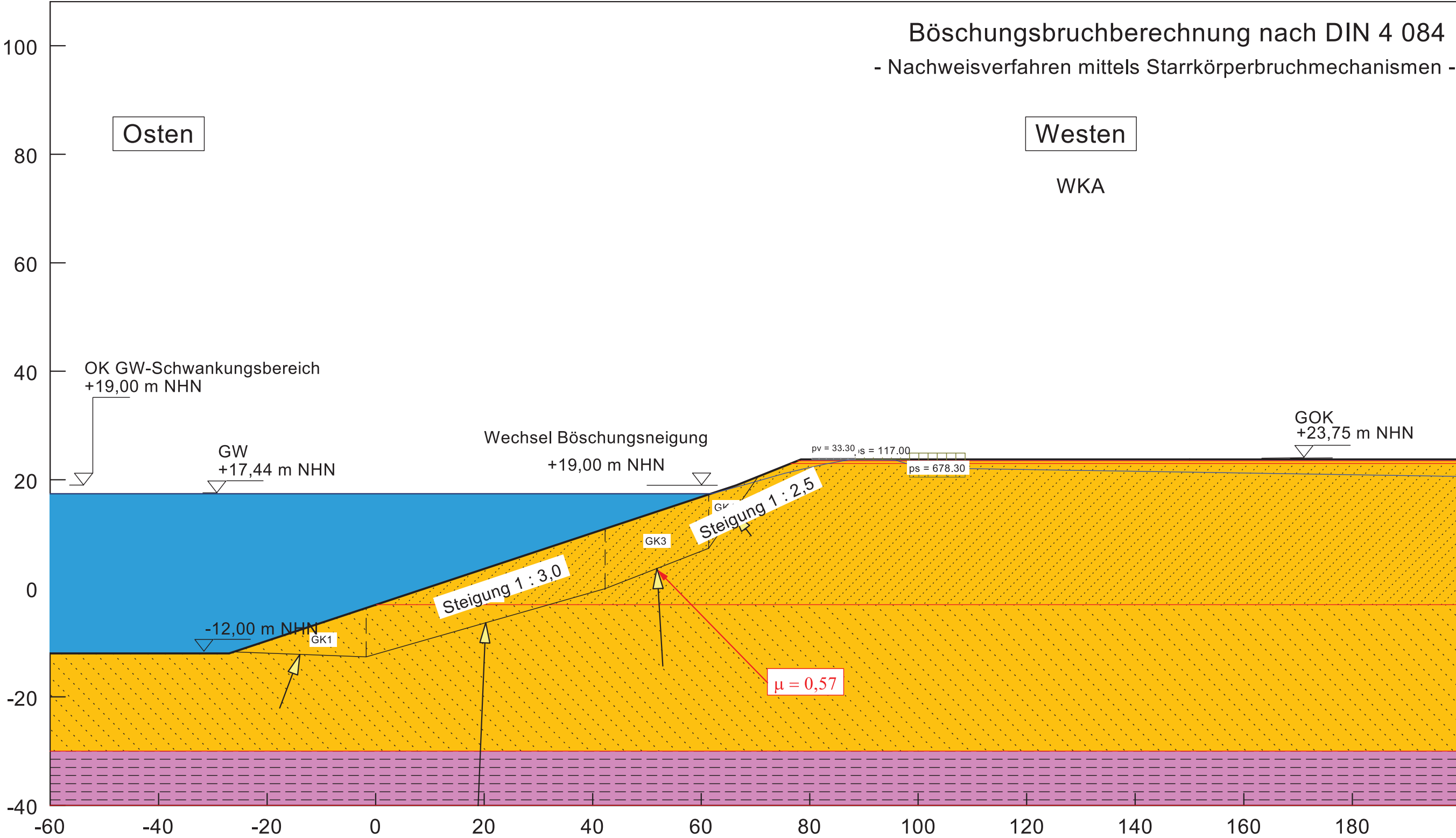
Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

Böschungsbruchberechnung nach DIN 4 084
- Nachweisverfahren mittels Starrkörperbruchmechanismen -



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.49$
mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

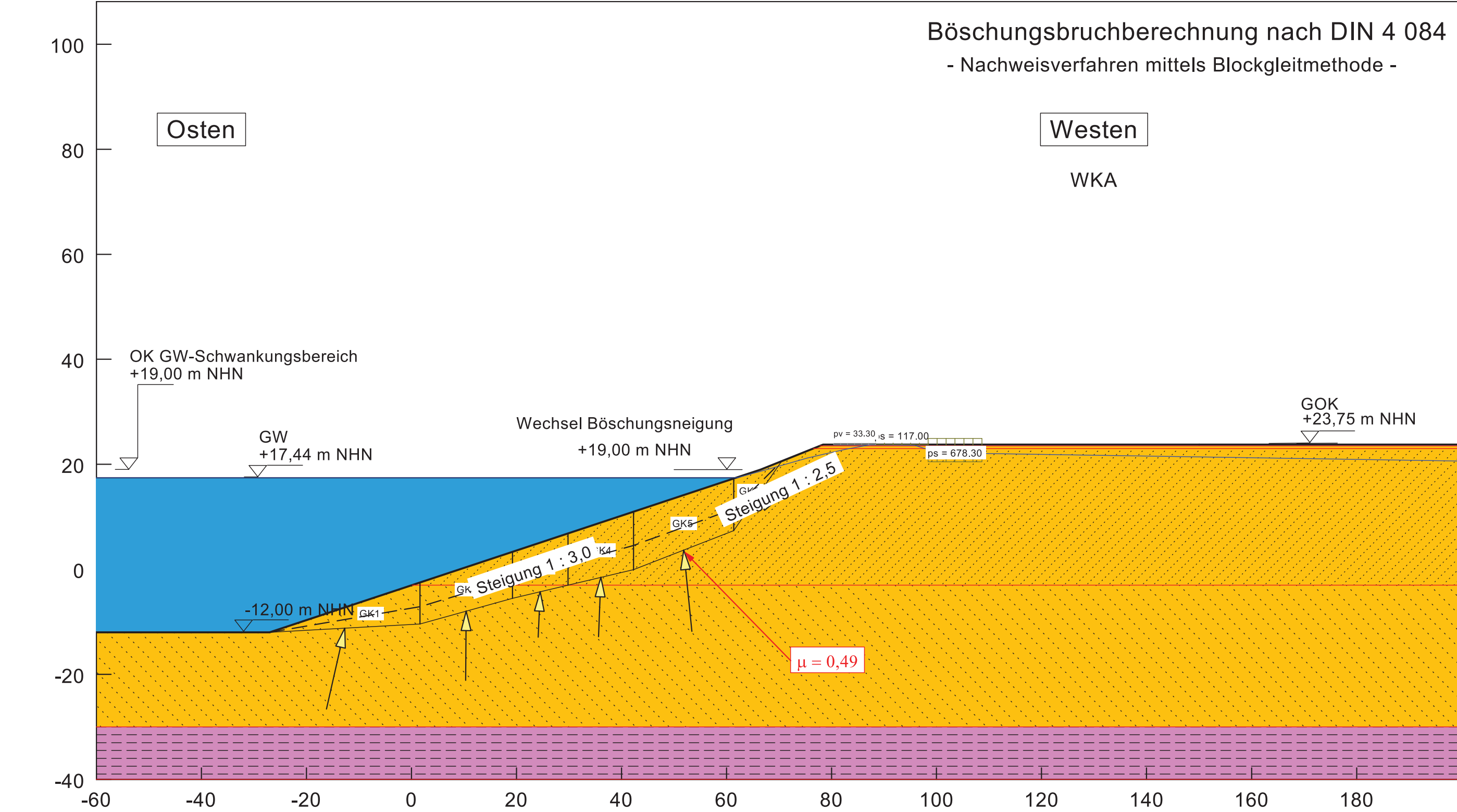
Anlage :
3.4b

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standsicherheitsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
36 Mittelpunkte definiert.
371 Gleitkreise untersucht.
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.71$
 $x_m = 8.05 \text{ m}$ $y_m = 132.97 \text{ m}$
 $R = 150.46 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Boden	$\varphi_{k,}$ [°]	$c_{k,}$ [kN/m²]	$\gamma_{k,}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

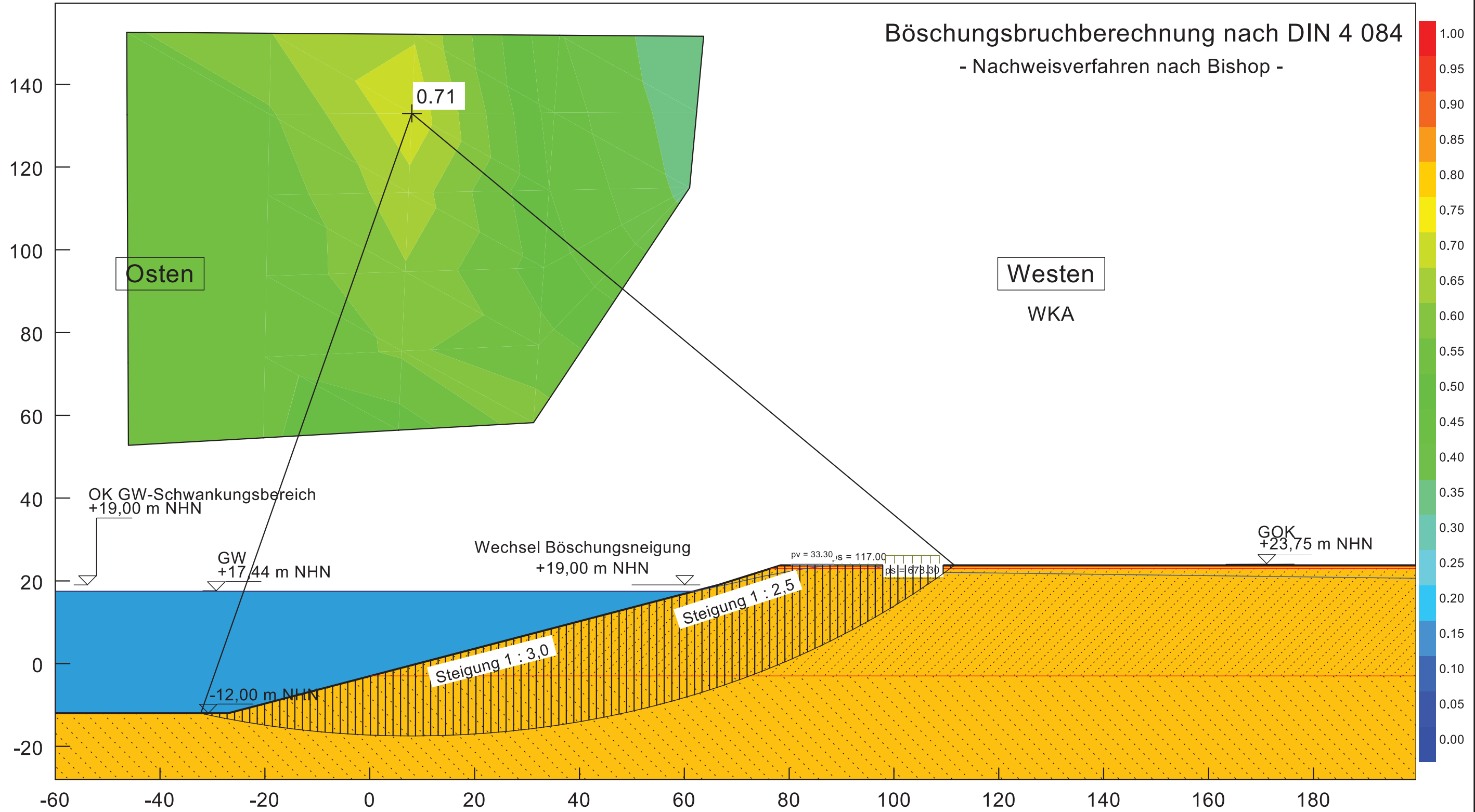
Anlage :
3.1c

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 950

Datum :
20.11.2024

Standsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.79$

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

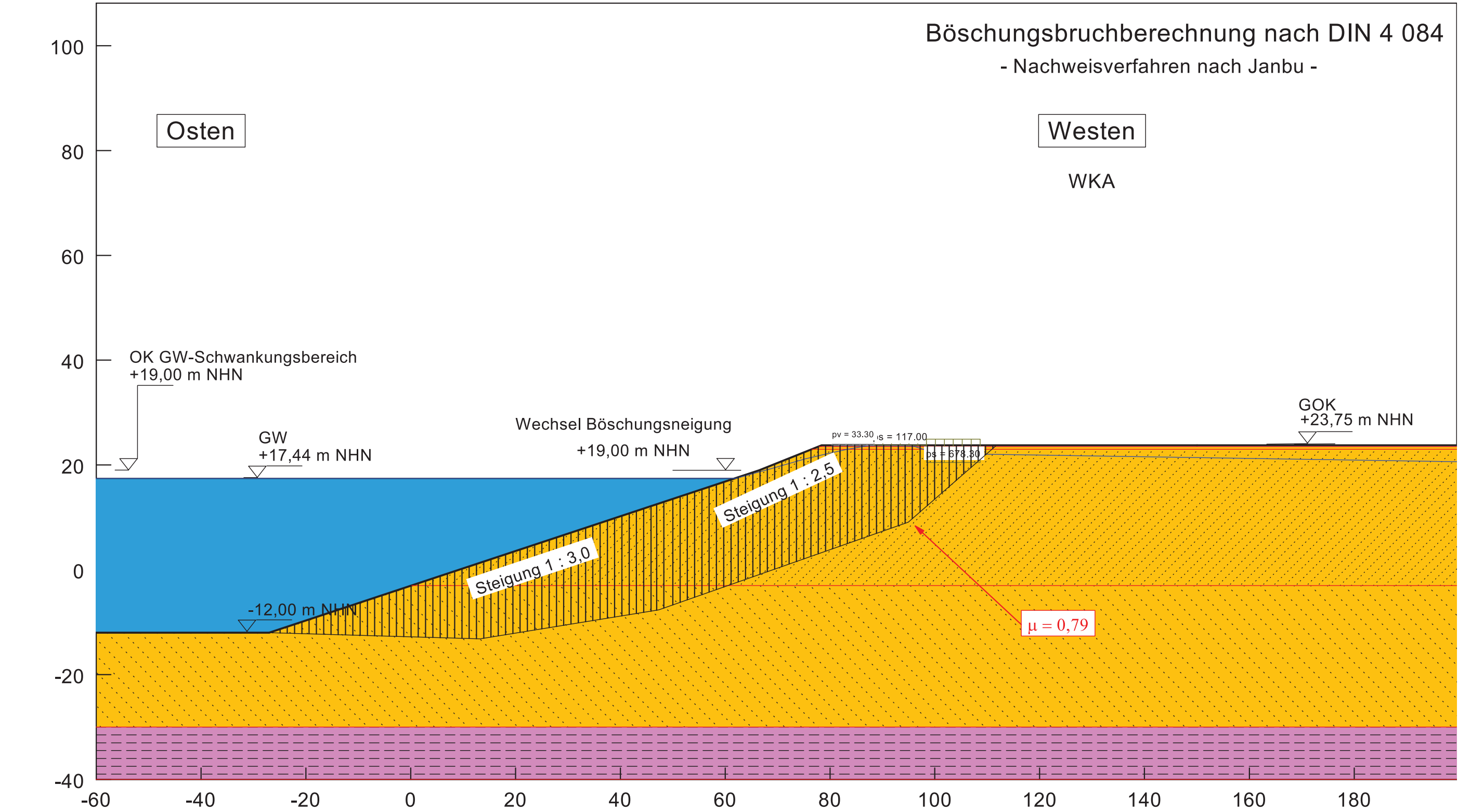
Anlage :
3.2c

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standardsicherheitsberechnung der Abbauböschung WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.79$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Boden	$\phi_{k,1}$ [°]	$c_{k,1}$ [kN/m²]	$\gamma_{k,1}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18
21255 Tostedt

Tel.: 04182 - 28 77 0
Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

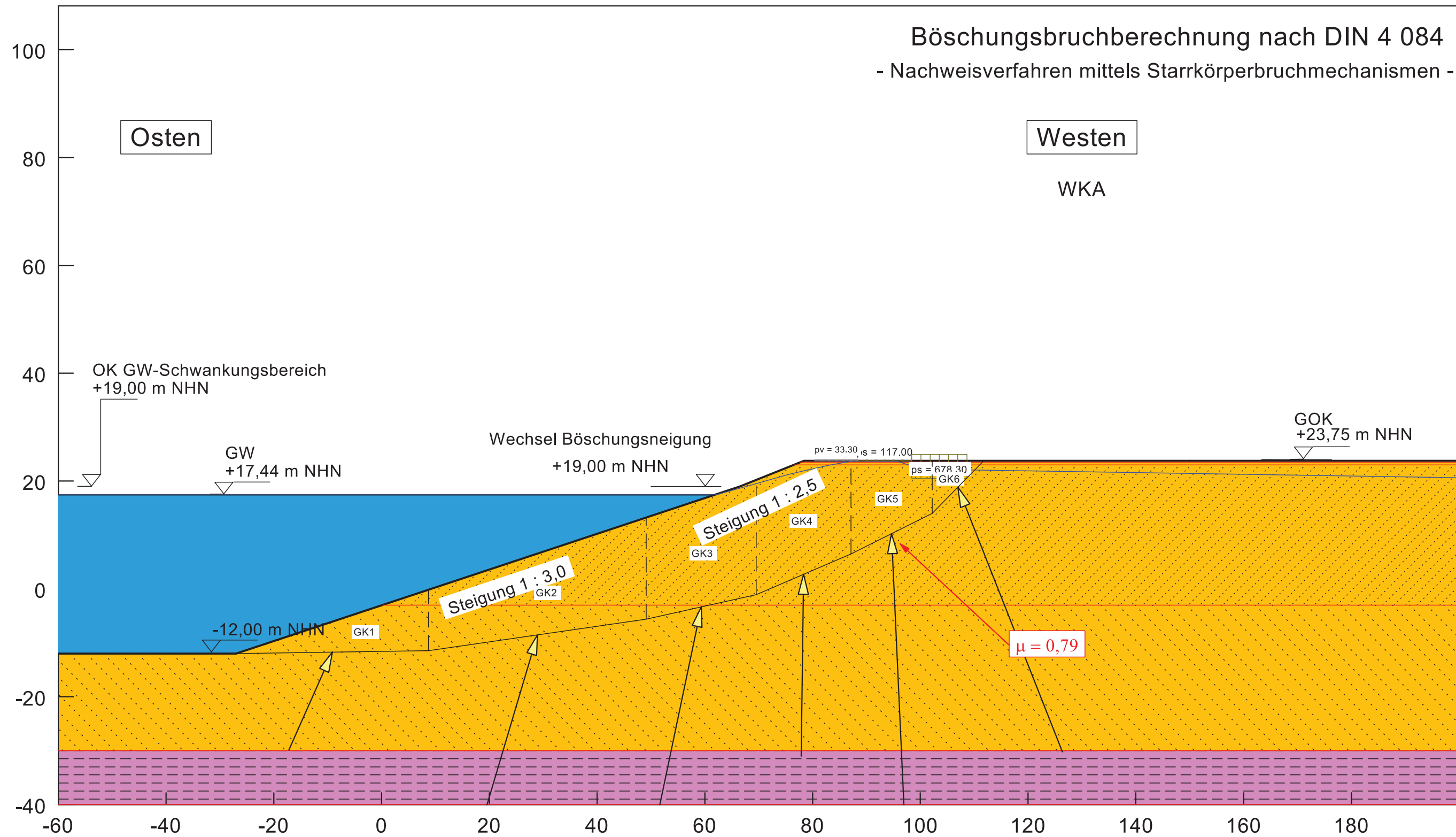
Anlage :
3.3c

Bericht :
23 - 18115.3

Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750

Datum :
20.11.2024

Standardsicherheitsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)



Standstabilitätsberechnung der Abbauböschung
WKA
Berechnungsgrundlagen
5 Gleitkörper untersucht.
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.73$
mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Geländemodellierung
	32.50	0.00	19.00	Sand, lo
	35.00	0.00	19.00	Sand, md
	36.00	0.00	19.00	Sand, d
	27.50	15.00	21.00	Ton

Ansatz Verkehrslast: SLW 60 (33,30 kN/m²)
Ersatzlast Spülsand: 117 kN/m² (h = 6,0 m)
Ersatzlast WKA DLC 6.2: 678,3 (5,14 m x 10,85 m)
Gründungstiefe: 3,25 m unter GOK



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28

Projekt :
Erweiterung Sandabbau
Sandgrube Tobaben
Kutenholz - Mulsum

Auftraggeber :

SWECO GmbH

Anlage :
3.4c
Bericht :
23 - 18115.3
Maßstab (L/H) :
1 : 750 / 1 : 750
Datum :
20.11.2024

Standstabilitätsnachweis eines Erdwalls - Querschnitt
(Bereich Abbaufäche mit Spülsand u. WKA | Bemessungssituation BS-P | GWM 1)

