
Bericht Nr. 5117008.11

Deponie Höli Liestal AG, Liestal

Liestal, Deponie Höli+

Beurteilung der Stabilität

29. Oktober 2025

Autor(en)	Bearbeitete Themen
Sulamith Küng	Berechnungen und Bericht
Supervision	Visierte Inhalte
Michael Waldvogel	Berechnungen und Bericht
Hinweise	

GEOTEST AG



Michael Waldvogel



Sulamith Küng

Inhaltsverzeichnis

1.	Projekt / Auftrag.....	4
2.	Problemstellung.....	4
3.	Vorhandene Unterlagen	4
4.	Geologie	4
5.	Hydrogeologie	5
6.	Baugrundmodell, Kennwerte	5
7.	Kennwerte des neuen Auffüllmaterials (<i>Höli+</i>).....	5
8.	Beurteilung der Deponie.....	6
8.1	Stabilität (Gesamtstabilität)	6
8.1.1	Grundlagen.....	6
8.1.2	Resultate	7
9.	Erdbebeneinwirkung.....	9
10.	Stabilität im Deponiekörper	9
11.	Stabilität des alten Deponiematerials (Schnitt G-G)	10
12.	Überwachung	10

Anhang

Anhang 1	Situationsplan
Anhang 2	Geotechnische Schnitte A-A, B-B und C-C
Anhang 3	Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt A-A
Anhang 4	Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt B-B
Anhang 5	Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt C-C
Anhang 6	Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt G-G
Anhang 7	Schnitt B-B: Erdbebeneinwirkung

1. Projekt / Auftrag

Objekt: Liestal, Deponie Höli, Höli+
Bauherr: Deponie Höli Liestal AG, Liestal
Bauvorhaben: Deponie Typ B
Gelände: Geneigtes Gelände: Fels und bestehende Deponieschüttung
Koordinaten: ca. 2'622'990, 1'260'160

2. Problemstellung

Die Deponie Höli wurde mit Typ B Material verdichtet aufgebaut. Im Nord und Ostbereich soll diese durch die Erweiterung Höli+ überbaut werden. Ein Übersichtsplan mit dem neu zu schüttenden Deponiekörper ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

Im vorliegenden Dokument soll die Stabilität der Deponieerweiterung rechnerisch nachgewiesen werden (Gesamtstabilität unter Berücksichtigung des bereits vorliegenden alten Deponiematerials).

3. Vorhandene Unterlagen

- [1] GEOTEST AG, Deponie Höli Liestal AG, ISD Höli, Höli+, Beurteilung der Stabilität. Bericht Nr. 1207396.8, 16.03.2016.
- [2] GEOTEST AG, Deponie Höli Liestal AG, Liestal, ISD Höli, Überwachung Stabilität, Inklinometermessungen vom 11.12.2024, geodätische Messung vom 16.12.2024. Kommentar zu den Messresultaten. Bericht Nr. 5117009.18. 15.01.2025.
- [3] SIA 261, Einwirkung auf Tragwerke, 2020.
- [4] SIA 267, Geotechnik, 2013 inkl. Korrigenda C1 (2016) und C2 (2018).

4. Geologie

Die Deponie Höli liegt östlich von Liestal zwischen dem Schleifenberg und dem Lindenstock in einer Tal-
senke. Der Untergrund besteht vorwiegend aus Kalken und Mergeln des Doggers, welche von quartären Lockergesteinen variabler Mächtigkeit bedeckt sind. Ein detaillierter Schichtaufbau des Untergrundes ist dem Bericht [1] zu entnehmen.

5. Hydrogeologie

Als Grundwasserleiter agieren im Projektstandort massgeblich der Hauptrogenstein (aufgrund seiner Klüftung und Verkarstung), sowie der Hangschutt. Die Fliessrichtung verläuft generell nach Südwesten, sprich parallel zu OK Fels [1]. Wo die Basis des Hauptrogensteins aus dem Gelände ausbeisst, tritt das Karstwasser an die Oberfläche, oder tritt in das Lockergestein über.

6. Baugrundmodell, Kennwerte

Das Baugrundmodell wurde im Wesentlichen aus dem Bericht [1] entnommen. Die Kennwerte der einzelnen Schichten basieren ebenfalls auf den Angaben im Bericht. Als einzigen Unterschied zu den Kennwerten aus [1] wurde dem Felsen eine Kohäsion von 25 kN/m² zugeteilt, um durch die Stabilitätsberechnungen die Ausbildung der Gleitkreise realitätsnaher abbilden zu können.

Die *charakteristischen* geotechnischen Kennwerte des verwendeten Baugrundmodells können der Tabelle 1 entnommen werden:

Tabelle 1: charakteristische Kennwerte aus [1]

Beschreibung der Schicht	Feuchtraumgewicht [kN/m ³]	Kohäsion [kN/m ²]	Reibungswinkel [°]	Bemerkung
Deponiematerial alt <i>sandig, tonig, kiesig</i>	21	0	30	
Fels <i>Kalk und Mergel</i>	24	25*	28	* angepasst aus [1]

7. Kennwerte des neuen Auffüllmaterials (Höli+)

Zur Abschätzung der geotechnischen Kennwerte des neuen Auffüllmaterials (Höli+) wurde davon ausgegangen, dass dieses dieselben geotechnischen Eigenschaften aufweist, wie das bereits früher, alte geschüttete Deponiematerial (Höli). Diese Annahme entspricht ebenfalls einer konservativen Annahme, da das alte Deponiematerial infolge «Verdichtung durch Überschüttung» bessere geotechnische Kennwerte aufweist als neu geschüttetes Material.

Für die Stabilitätsberechnungen wurden daher die in Tabelle 2 angegebenen Kennwerte verwendet.

Die Kennwerte für das Deponiematerial wurden gemäss SIA 267, Abschnitt 5.3.2.2 mit den **allgemeinen Partialsicherheitsfaktoren** abgemindert (Abminderung Raumgewicht um Faktor 1.0 / Abminderung Reibungswinkel um Faktor 1.2 / Abminderung Kohäsion um Faktor 1.5, vgl. [4]).

Tabelle 2: verwendete Kennwerte (in Klammer ist der abgeminderte, sprich der verwendete Kennwert angegeben).

Beschreibung der Schicht	Feuchtraumgewicht [kN/m ³]	Kohäsion [kN/m ²]	Reibungswinkel [°]	Bemerkung
Deponiematerial neu <i>sandig, tonig, kiesig</i>	21 (21)	0 (0)	30 (25)	
Deponiematerial alt <i>sandig, tonig, kiesig</i>	21 (21)	0 (0)	30 (25)	
Fels <i>Kalk und Mergel</i>	24 (24)	25	28 (23.33)	

8. Beurteilung der Deponie

8.1 Stabilität (Gesamtstabilität)

8.1.1 Grundlagen

Für die Beurteilung der Gesamtstabilität des Deponiekörpers wurden insgesamt 3 Schnitte angelegt (vgl. Anhang 1). Mit diesen drei Schnitten werden die kritischen Bereiche evaluiert.

- **Schnitt A-A:** längster Bereich, welcher über Felsen aufgeschüttet wird (Schüttungslänge parallel zu OK Fels von ca. 500 m, Schüttungshöhe von ca. 55 m). Hier wurde nur der talseitige Schnitt berechnet, da der bergseitige Böschungsbereich flach geschüttet wird.
- **Schnitt B-B:** steilster Bereich, welcher über Felsen aufgeschüttet wird (Schüttungshöhe von ca. 50 m). Hier wurde der talseitige und der bergseitige Böschungsbereich betrachtet.
- **Schnitt C-C:** Schnitt durch altes und neues Deponiematerial (Bereich, wo auf bestehendes Aufschüttungsmaterial neues Material geschüttet wird). Hier wurde der talseitige und der bergseitige Böschungsbereich betrachtet.

Die maximale Böschungsneigung der Endgestaltung beträgt 1:2 (26.5°). Im Allgemeinen sind flache Böschungsneigungen von ca. 10° bis 20° geplant.

In den Berechnungen wurde ein Hangwasserspiegel von 1 m über OK Felsen angenommen. Dies dürfte einer konservativen Annahme entsprechen, da der Deponiekörper grundsätzlich drainiert wird.

Die Stabilitätsbetrachtung wurde mit dem Programm SLIDE 2 von Rocscience durchgeführt (9.034 ©1998-2024). Den Berechnungen liegt die Partialsicherheitsfaktoren nach den aktuellen Normen der SIA zugrunde. Die Berechnungen wurden mit dem Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb geführt.

8.1.2 Resultate

In der Tabelle 3 sind die Resultate der Stabilitätsberechnungen zusammengetragen. Die Berechnungsdarstellungen können im Anhang 3 bis 5 nachgeschlagen werden.

Die Nachweisführungen nach SIA unter Berücksichtigung der Partialsicherheitsfaktoren sind erfüllt, falls rechnerische Sicherheiten von mindestens 1.0 erreicht werden.

Tabelle 3: Resultate Stabilitätsberechnungen

Schnitt (Stabilitätsbetrachtung)	Rechnerische Sicherheit	Anhang
A-A' talseitig (südliche Böschung)	1.360	03
B-B' talseitig (südliche Böschung)	0.949	04a
B-B' bergseitig (nördliche Böschung)	2.524	04b
C-C' talseitig (südliche Böschung)	1.393	05a
C-C' bergseitig (nördliche Böschung)	1.367	05b

Die Resultate aus Tabelle 3 können folgendermassen interpretiert werden:

Mit Ausnahme der talseitigen Böschung im Schnitt B-B' kann der rechnerische Nachweis für alle Schüttungen mit den aus Tabelle 2 verwendeten und gemäss SIA 267 Ziff. 5.3.2.2 allgemein abgeminderten Partialsicherheitsfaktoren [4] erbracht werden. Der rechnerische Nachweis liegt überall bei mind. 1.36 oder höher (ausgenommen Schnitt B-B talseitig)

Schnitt B-B' (talseitig): Im Bereich des talseitigen Schnitts B-B' zeigt die Berechnung mit den allgemeinen Abminderungsfaktoren gemäss SIA 267 Ziff. 5.3.2.2 eine rechnerische Sicherheit von **FS = 0.95 < 1.0** (ungenügend, vgl. Anhang 04a Nachweis 0.95).

Rückrechnung talseitige Böschung (Schnitt B-B')

Für den talseitigen Schnitt B-B' wurde eine Rückrechnung durchgeführt, um den minimal erforderlichen geotechnischen Reibungswinkel zu bestimmen. Die Berechnungen zeigen, dass bei einem **charakteristischen**

Reibungswinkel von $\varphi_k = 26.2^\circ$ eine **rechnerische Sicherheit von $FS = 1.00$** erreicht wird (vgl. Anhang 04c charakt.).

Minimal erforderlicher Reibungswinkel gemäss SIA 267, Ziff. 5.3.2.2 (allgemeine Partialsicherheitsbeiwerte)

Gemäss **SIA 267, Ziff. 5.3.2.2** (allgemeine Partialsicherheitsbeiwerte) ist der Reibungswinkel mit $\gamma\varphi = 1.2$ zu mindern. Daraus ergibt sich, dass für den rechnerischen Nachweis mit einer Sicherheit von $FS = 1.00$ ein **minimal erforderlicher charakteristischer Reibungswinkel von $\varphi_{k,erf} = 31.4^\circ$** für das neue Deponiematerial notwendig wäre.

Nachweisverfahren gemäss SIA 267 Ziff. 5.3.2.3 (abgeminderte Partialsicherheitsfaktoren)

Die SIA 267 sieht in **Ziffer 5.3.2.3** vor, dass der rechnerische Nachweis der Standsicherheit nicht zwingend mit den allgemeinen Partialsicherheitsbeiwerten nach Ziffer 5.3.2.2 geführt werden muss, wenn die tatsächliche Standfestigkeit durch Beobachtungen oder langjährige Erfahrung hinreichend belegt ist.

Die Norm erlaubt daher, auf Grundlage dokumentierter Stabilität (z. B. Inklinometerdaten, geotechnische Überwachung, Erfahrungswerte) **reduzierte Sicherheitsbeiwerte oder realitätsnähere Parameter** anzuwenden, sofern die Randbedingungen vergleichbar bleiben. Damit diese Ziffer angewendet werden darf, müssen nach dem Stand der Technik folgende **Voraussetzungen** erfüllt sein:

1. Langzeitbeobachtung oder dokumentierte Erfahrung:

Es liegen über einen repräsentativen Zeitraum (mehrere Jahre) Beobachtungen oder Messungen vor, die eine stabile Situation ohne Anzeichen von Rutschung oder Verformung belegen (z. B. Inklinometermessungen).

2. Vergleichbare Randbedingungen:

Die geometrischen, hydrogeologischen und materialtechnischen Verhältnisse des neuen Zustands entsprechen jenen der beobachteten stabilen Situation (z. B. identisches oder günstigeres Material, gleiches oder flacheres Böschungsgefälle, keine Erhöhung der Wasserstände oder Zusatzlasten).

3. Geotechnische Plausibilität:

Die aus Beobachtung abgeleiteten Kennwerte müssen mit geotechnischen Erfahrungswerten vergleichbar und physikalisch nachvollziehbar sein.

4. Nachvollziehbare Dokumentation:

Die Ergebnisse der Beobachtungen und deren Interpretation müssen nachvollziehbar dokumentiert sein (z. B. Messberichte, Foto- oder Geländedokumentation, Baugrunduntersuchungen).

Aus dem Inklinometer-Überwachungsbericht Nr. 5117009.18, (vgl. [2]) geht hervor, dass der bestehende (alte) Deponiekörper, welcher seit dem Jahr 2010 aufgebaut wird, eine Böschung aufweist, welche eine Neigung von ca. 38° zeigt. Dies lässt darauf schliessen, dass die Kennwerte für das Deponiematerial gemäss

Tabelle 2 konservativ angesetzt sein dürften. Solange das neue Deponiematerial (Höli+) dieselben oder günstigeren Materialeigenschaften aufweist und die geometrischen sowie hydrogeologischen Randbedingungen vergleichbar oder günstiger sind, kann die beobachtete Standfestigkeit des bestehenden Deponiekörpers **gemäss SIA 267 Ziff. 5.3.2.3 (1.1)** für den Nachweis der Gesamtstabilität herangezogen werden.

Wird diese Ziffer angewendet, kann der definierte Reibungswinkel von $\varphi_k = 30^\circ$ beibehalten werden. Unter diesen Annahmen ergibt sich für den talseitigen Schnitt **B–B'** eine **rechnerische Sicherheit von $FS \approx 1.05$** , womit der Nachweis der Gesamtstabilität als erfüllt betrachtet werden kann (vgl. Anhang 04d – Abminderung mit 1.1).

Fazit:

- Nach **SIA 267 Ziff. 5.3.2.2** (allgemeine Partialsicherheitsbeiwerte) wäre für $FS = 1.00$ ein charakteristischer Reibungswinkel von mindestens $\varphi_k = 31.4^\circ$ erforderlich.
- Unter Anwendung von **SIA 267 Ziff. 5.3.2.3 (1.1)** (Erfahrungsnachweis) ist der Ansatz von $\varphi_k = 30^\circ$ zulässig; damit ergibt sich **$FS \approx 1.05$** , und der Nachweis gilt als **erbracht**.

9. Erdbebeneinwirkung

Zur Überprüfung der Erdbebeneinwirkung wurde der horizontale und vertikale Beiwert für die seismische Last normgemäss hergeleitet, sowie der Nachweis gemäss SIA 261 [3] durchgeführt. Die seismische Kraft ergibt sich aus dem Produkt aus den seismischen Lastkoeffizienten (vertikal und horizontal), und dem einwirkenden Gewicht.

Bei der Erdbebenzone Z2, der Baugrundklasse D und der Bauwerksklasse 1, ergibt sich ein horizontaler seismischer Lastkoeffizient von 0.043, sowie ein vertikaler seismischer Lastkoeffizient von 0.021 [3].

Der Erdbebennachweis wurde am kritischen Schnitt B-B talseitig durchgeführt. Unter Berücksichtigung des charakteristischen Reibungswinkels von 31.44° für das alte Deponiematerial ergibt sich ein **F von 1.124** (vgl. Anhang 07). Der **Erdbebennachweis** gilt somit als **erfüllt**.

10. Stabilität im Deponiekörper

Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass das zu deponierende Aushubmaterial dieselben geotechnischen Eigenschaften aufweist, wie das alte, bereits deponierte Material (sandig, tonig, kiesig). Können. Die rechnerischen Nachweise können somit unter den in Kapitel 8.1 erwähnten Rahmenbedingungen erbracht werden. Durch den Deponiebetreiber ist zu überprüfen, dass das angelieferte Material den geotechnischen Kennwerten gemäss Vorgaben entspricht. Damit die Böschungsstabilität der Deponieschüttung gewährleistet ist, ist feinkörniges Material in einem Mindestabstand von 10 m zur Deponieoberfläche einzubringen.

Weiter sind zur Gewährleistung der Stabilität innerhalb des Deponiekörpers folgende Randbedingungen einzuhalten:

- generell ist das Material in Lagen zu 30 - 50 cm einzubringen und zumindest mit dem Dozer zu überfahren. Ein verdichteter Einbau des Materials bei starken Niederschlägen oder von bereits durchnässtem Material ist nicht möglich.
- Muss das Aushubmaterial zwischengelagert werden, ist es gegen Durchnässung zu schützen (abdecken oder stark geneigte, verdichtete Oberfläche).
- Material wird mit Gegenböschungen eingebaut, damit anfallendes Meteorwasser gezielt abfließen kann.

11. Stabilität des alten Deponiematerials (Schnitt G-G)

Zur Verifizierung des Einflusses der neuen Schüttung auf die bereits bestehende Schüttung wurde der Schnitt G-G beigezogen (vgl. Anhang 06). Dabei wurde der Schichtverlauf OK Fels abgeschätzt, da uns keine Detailangaben zum Felsverlauf vorliegen. Der Felsverlauf wurde auf der konservativen Seite, tief liegend angesetzt. Liegt der Felsverlauf höher, sind entsprechend höhere rechnerische Sicherheiten zu erwarten.

Die Modellgrenze wurde in dieser Berechnung nur auf die «Dammkrone» und den potenziellen Einflussbereich der neuen Schüttung beschränkt (maximale Reichweite des neu zu schüttenden Materials auf das alte Material; vgl. Anhang 06a und 06b).

Zum Vergleich des Einflusses wurde der besagte Modellabschnitt einmal mit und einmal ohne «neues Deponiematerial» berechnet. Die Stabilitätsberechnungen zeigen:

- Der Sicherheitsfaktor für die Berechnung «mit dem neuen Deponiematerial» (vgl. Anhang 06a) liegt bei $F = 1.715$
- Der Sicherheitsfaktor für die Berechnung «ohne neues Deponiematerial» (vgl. Anhang 06b) liegt bei $F = 1.87$

Der **Einfluss des neuen Deponiematerials auf die Stabilität** des bereits bestehende Deponiematerials **ist folglich als unbedeutend, bzw. unbedenklich zu bewerten.**

12. Überwachung

Wir empfehlen, die Deponie mittels Setzungspegeln zu überwachen. Die genaue Lage wird später festgelegt.

Anhang 1 Situationsplan



Legende

Projekt

Perimeter Höli+

Abgedichtete Fläche

Leitung Schmutzwasser

Leitung Sauberrwasser

Schacht

Sickerwasserleitung Deponie (Voll-/Sickerrohr)

Höhenlinien UK Abdichtung (5 m / 1 m)

Bestehend

Perimeter Deponie Höli

Höhenlinien Gruner AG (04.09.2024) / SwissALTI3D (13.08.2024)

AV-Daten

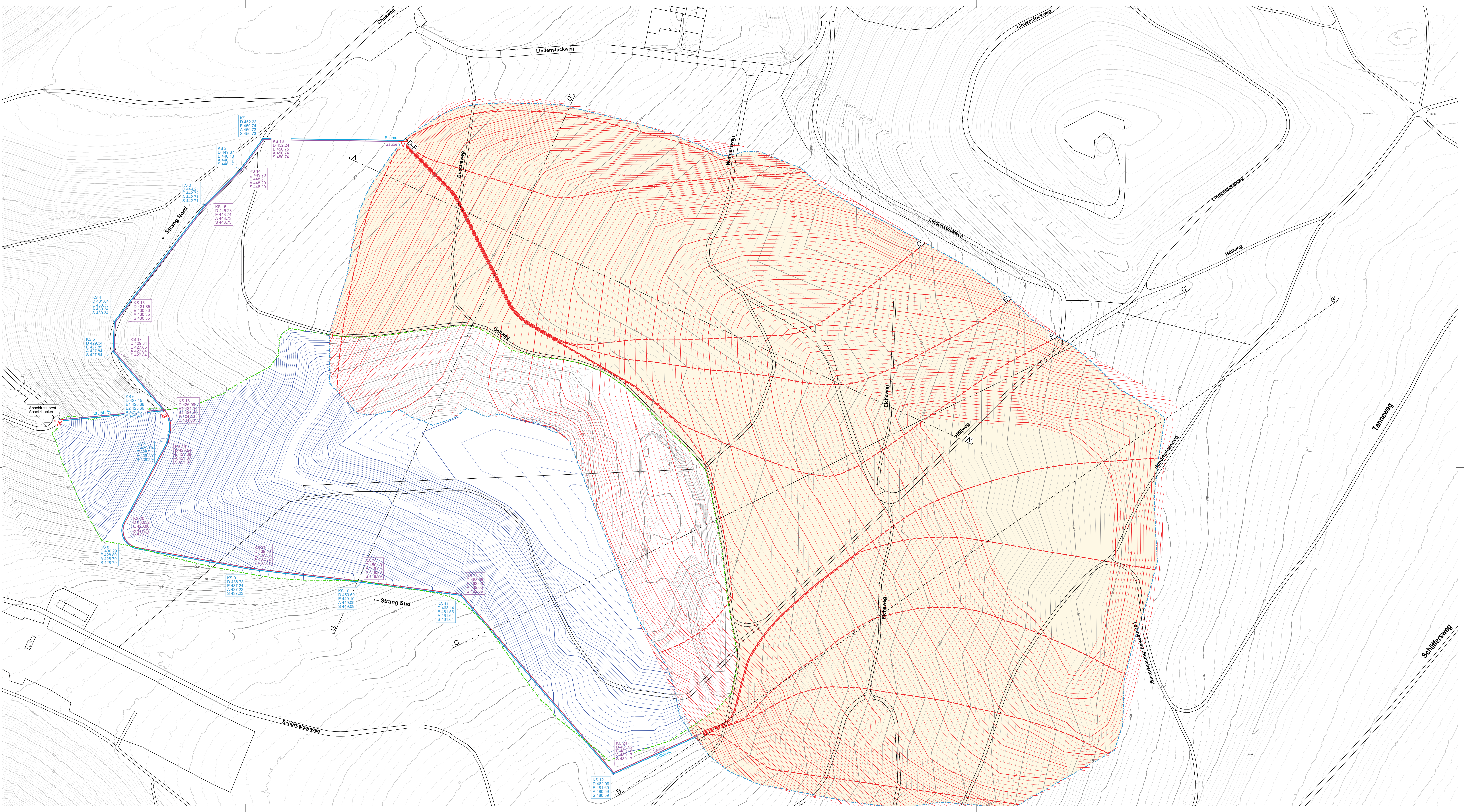
Deponie Höli Liestal AG

Liestal,
Deponie Höli+

Ableitung

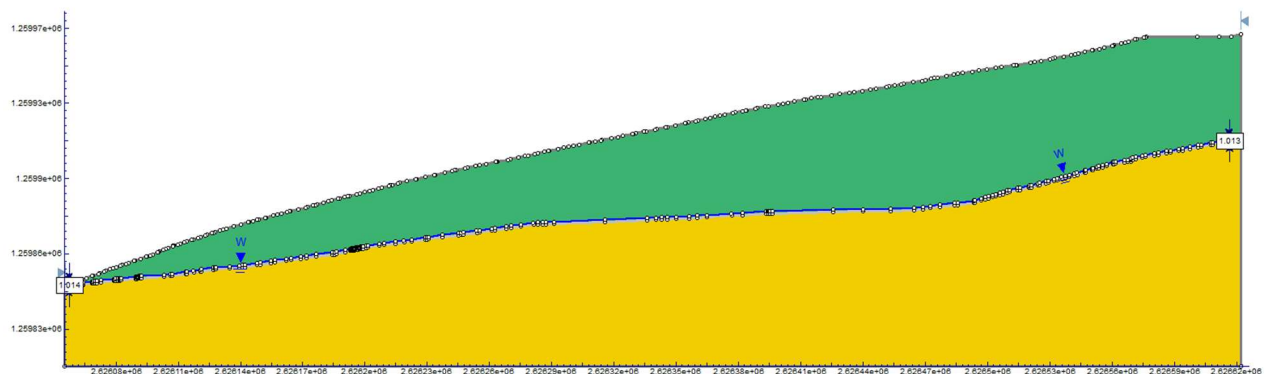
Situation 1:1'000

Auftrag Liestal, ISO 1901, Überwachung GW	Rev. → a b	Datum 23.10.2025	Beschreibung der Änderung	Gez.	PL	SUP
Format: 147/70				Max	Bes	Bk
Für: 5117008_10a_306-25.dgn	GEOTEST AG Bernstrasse 165 CH-3002 Zollikofen T +41 31 910 01 01 zsollikofen@geotest.ch geotest.ch					
Dokument Nr.: 5117008_10a-06	GEOTEST Nachhaltig mehr Sicherheit.					

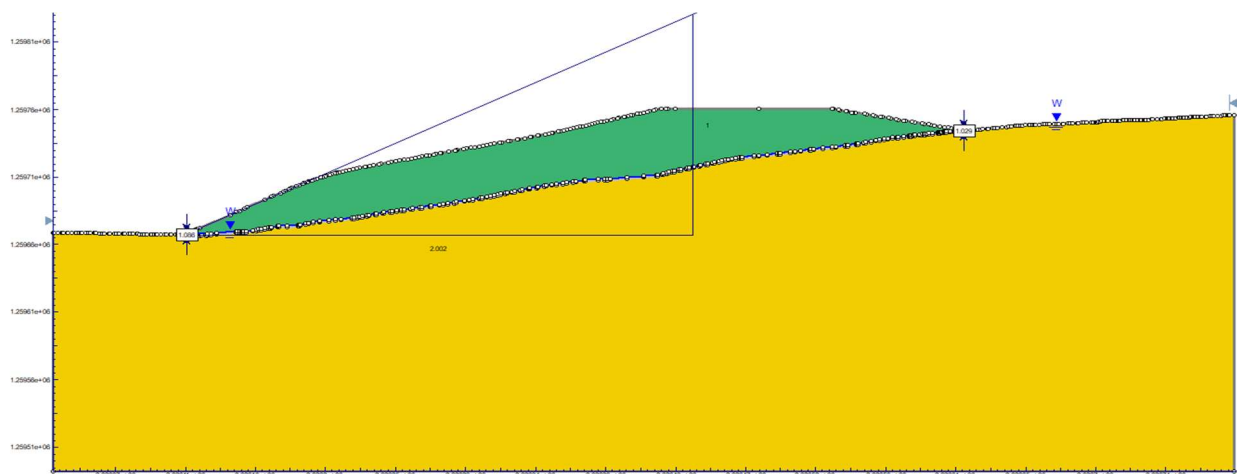


Anhang 2 Geotechnische Schnitte A-A, B-B und C-C

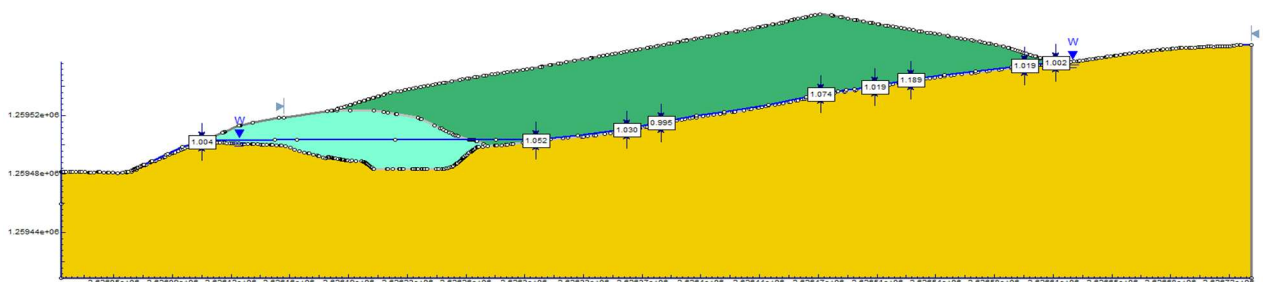
Schnitt A-A: Fels | Deponiekörper neu



Schnitt B-B: Fels | Deponiekörper neu

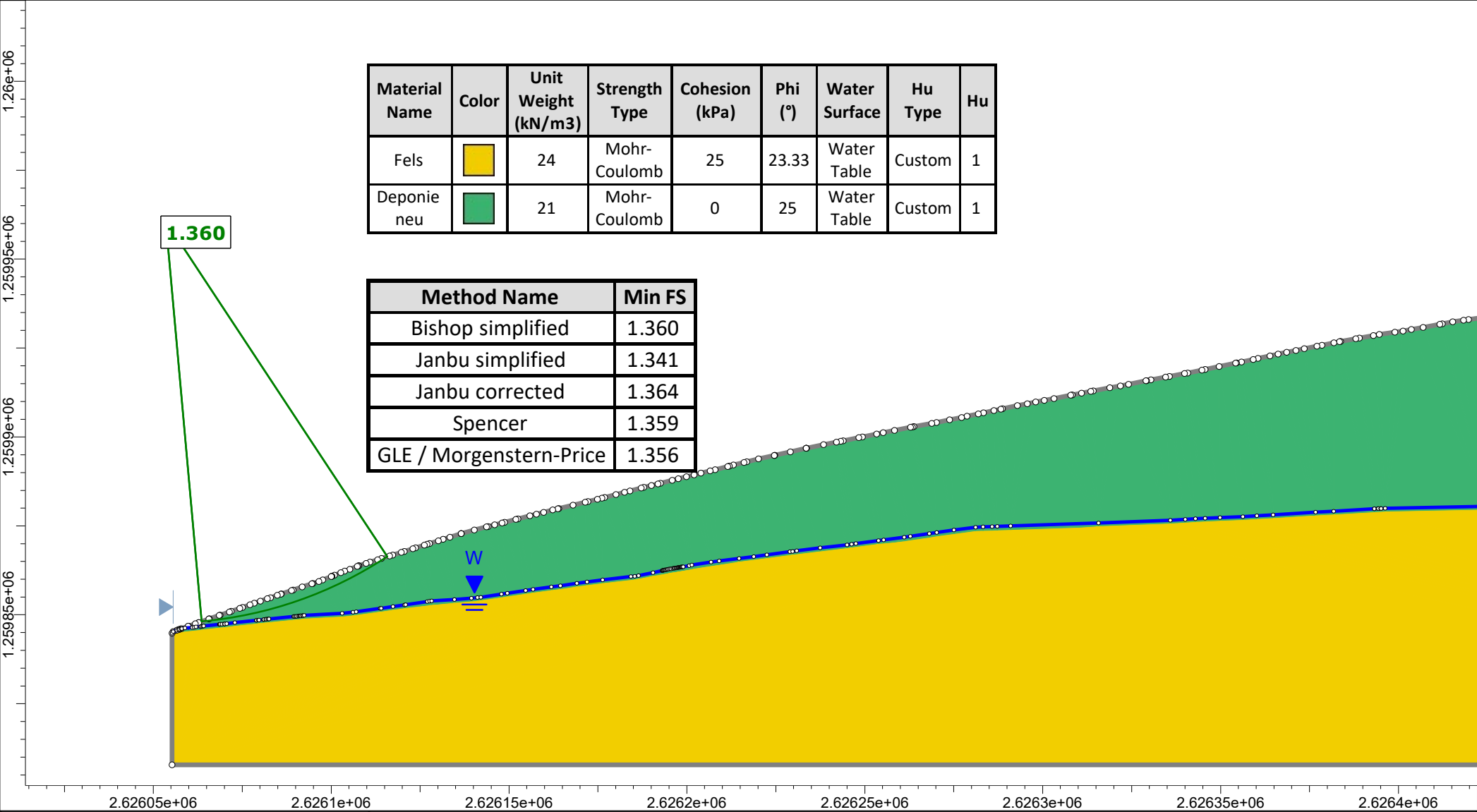


Schnitt C-C: Fels | Deponiekörper alt | Deponiekörper neu



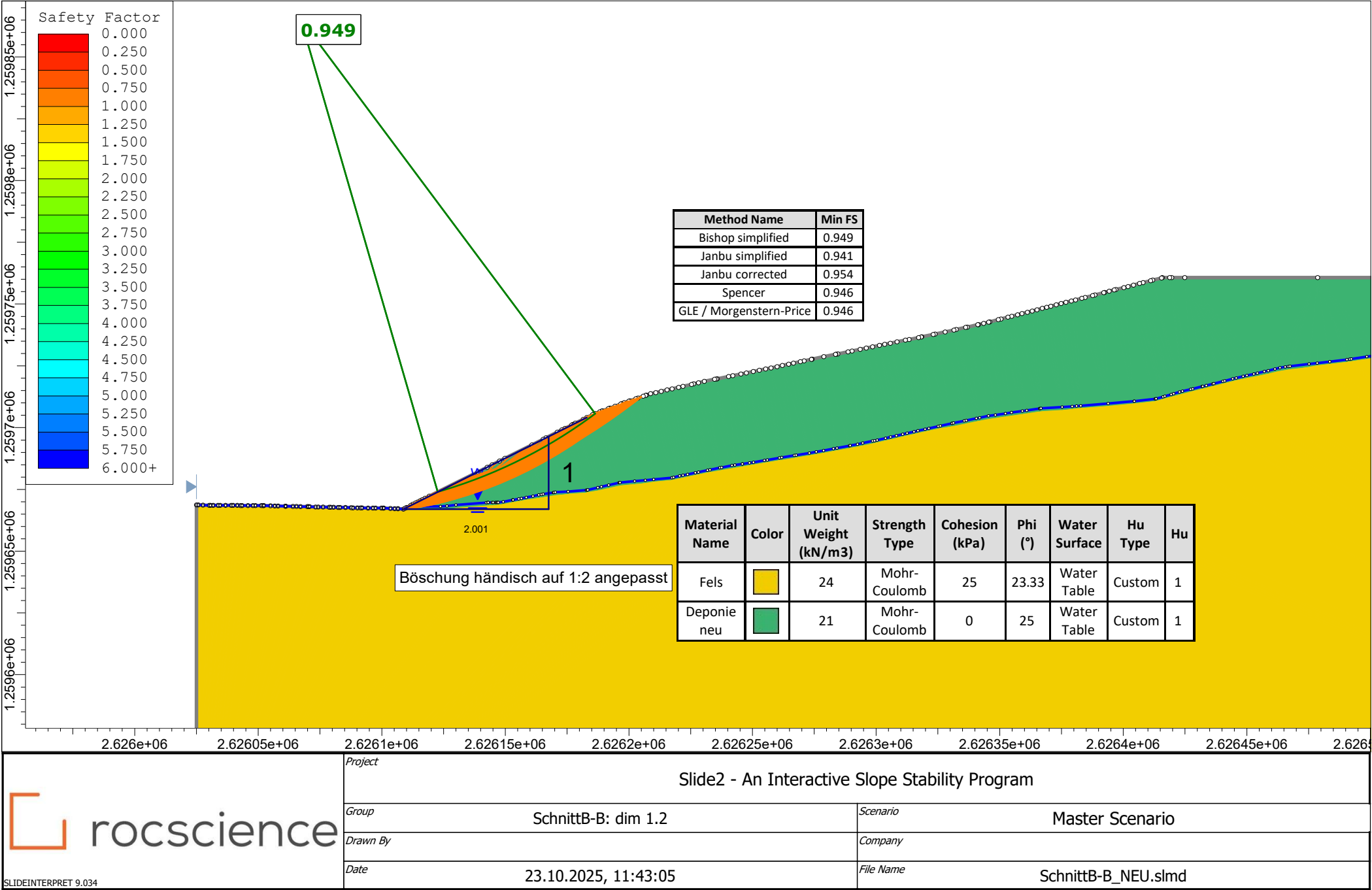
Anhang 3 Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt A-A

Anhang 03: Schnitt A-A'

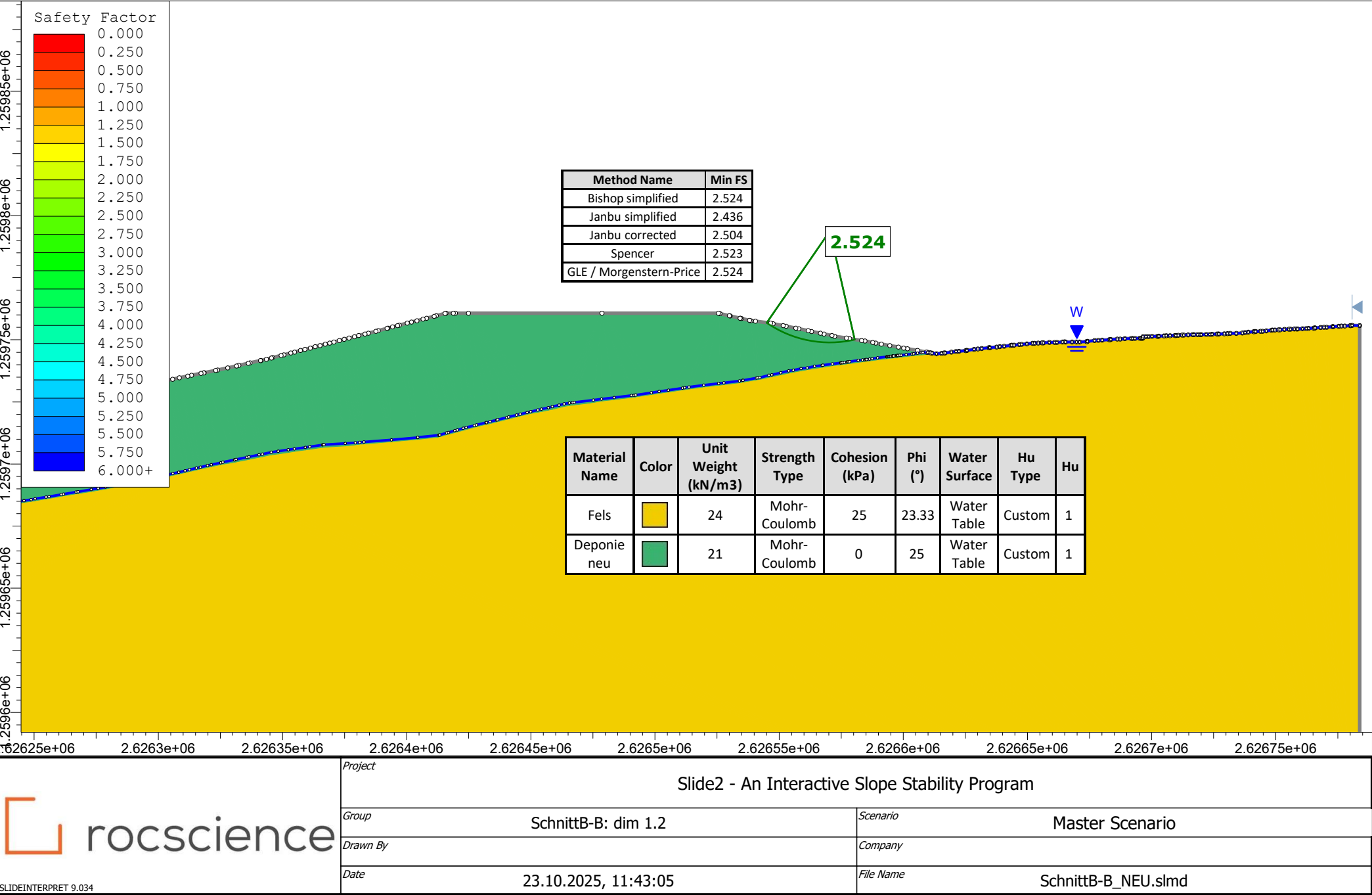


Anhang 4 Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt B-B

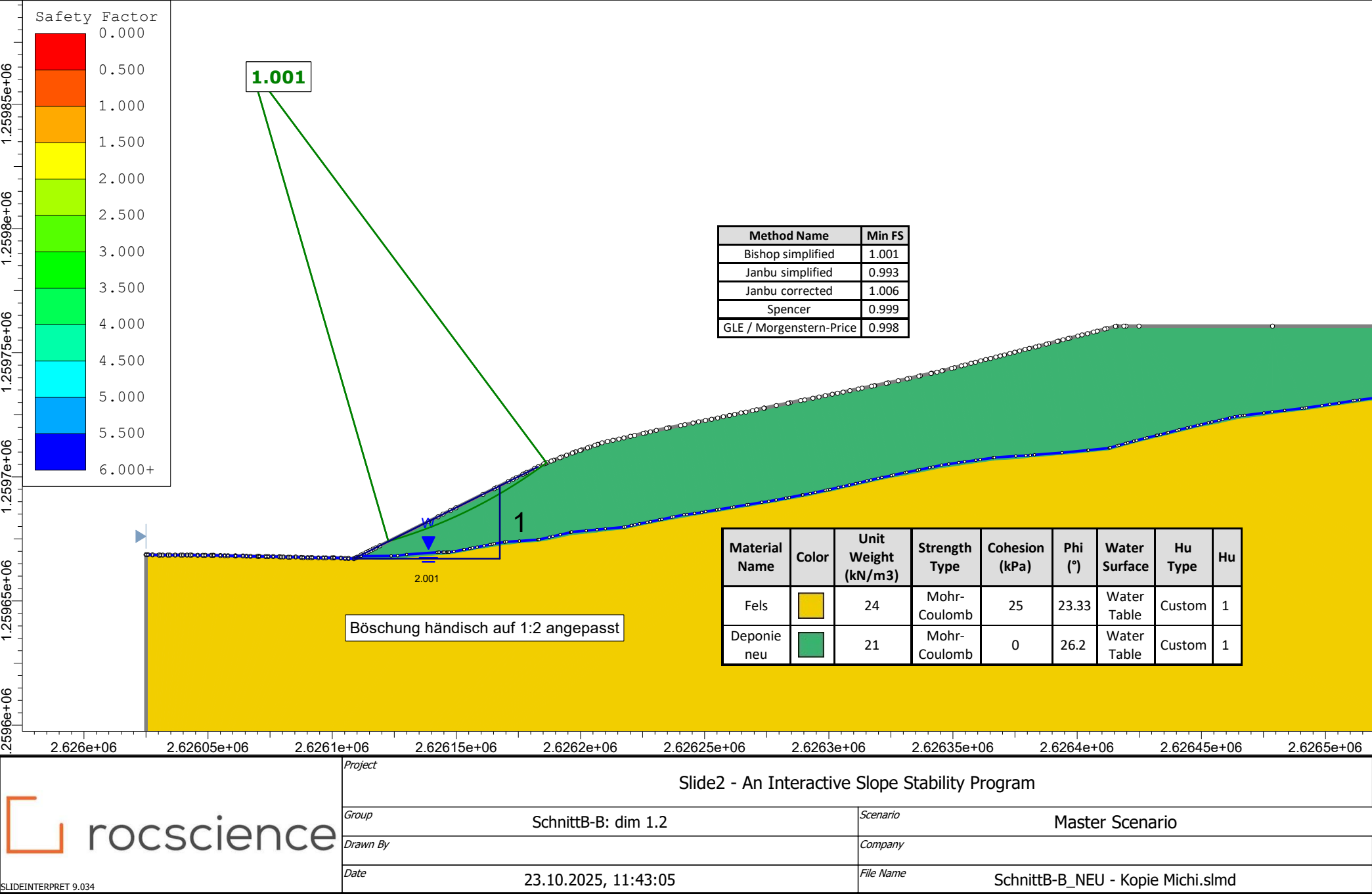
Anhang 04a: Schnitt B-B talseitige Böschung Abminderung von Phi mit 1.2



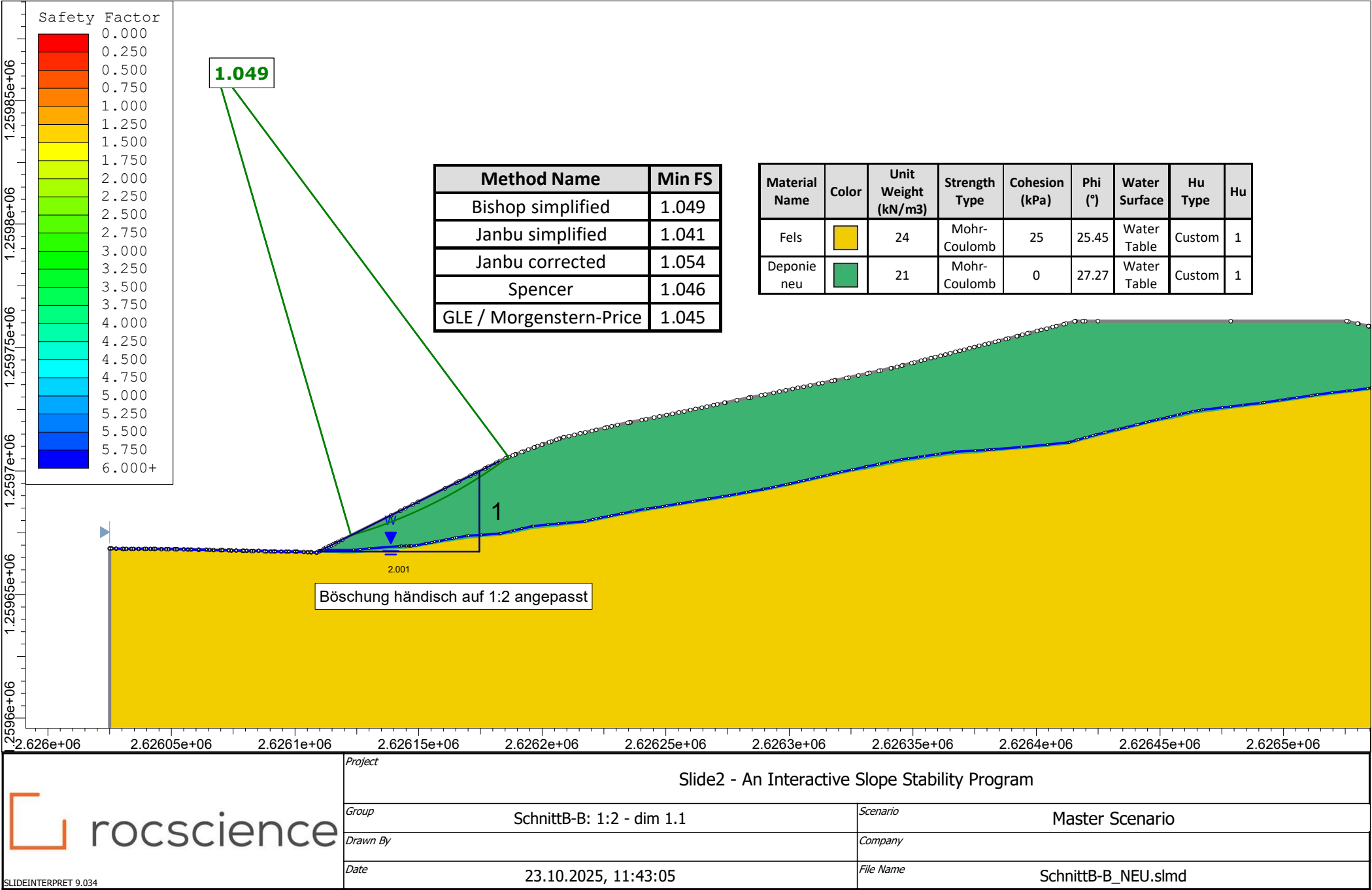
Anhang 04b: Schnitt B-B bergseitige Böschung



Anhang 04c: Schnitt B-B talseitig. Rückrechnung von Phi

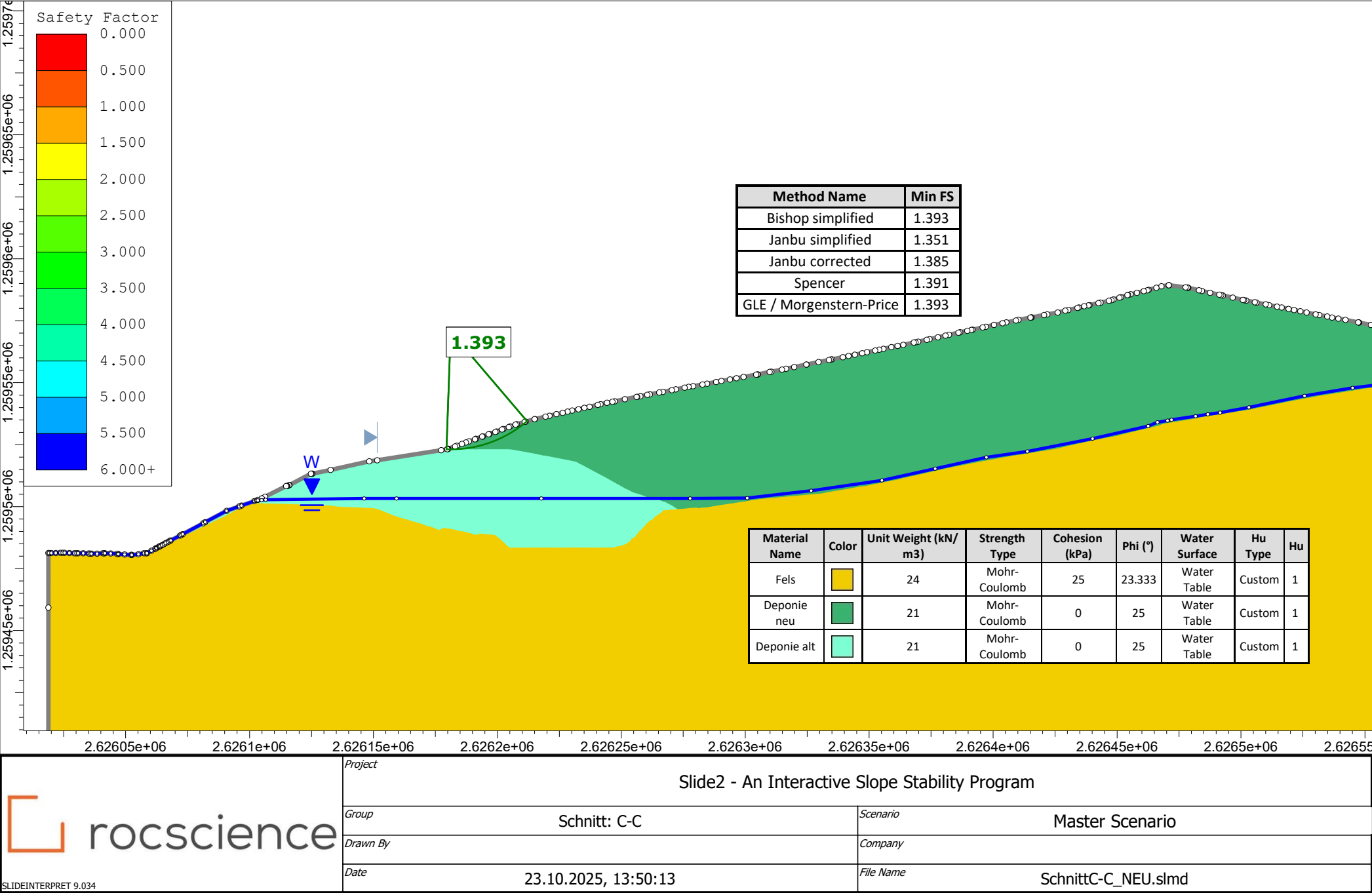


Anhang 04d: Schnitt B-B talseitig - Abminderung Phi nach Ziffer 5.3.2.3 (1.1)

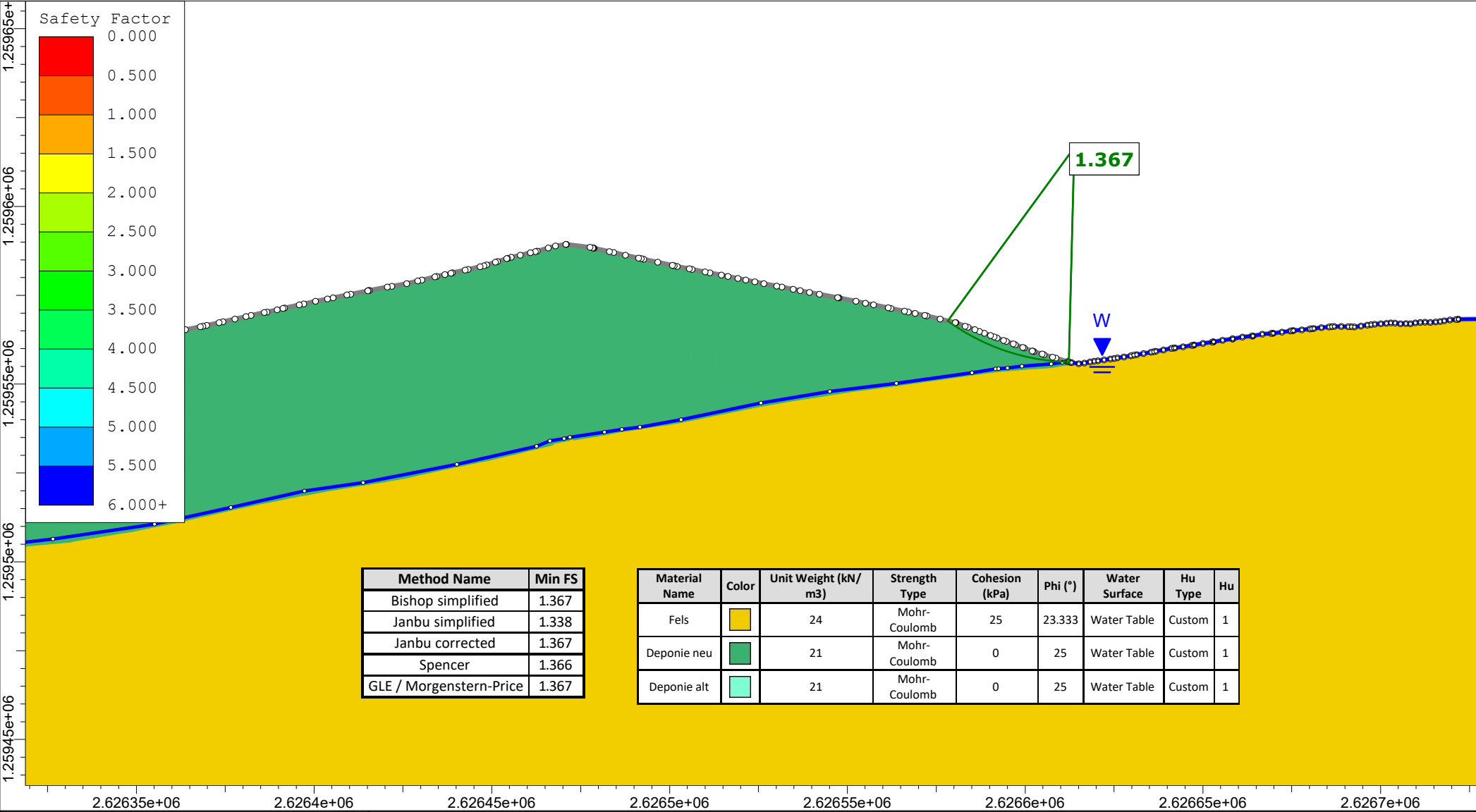


Anhang 5 Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt C-C

Anhang 05a: Schnitt C-C talseitige Böschung

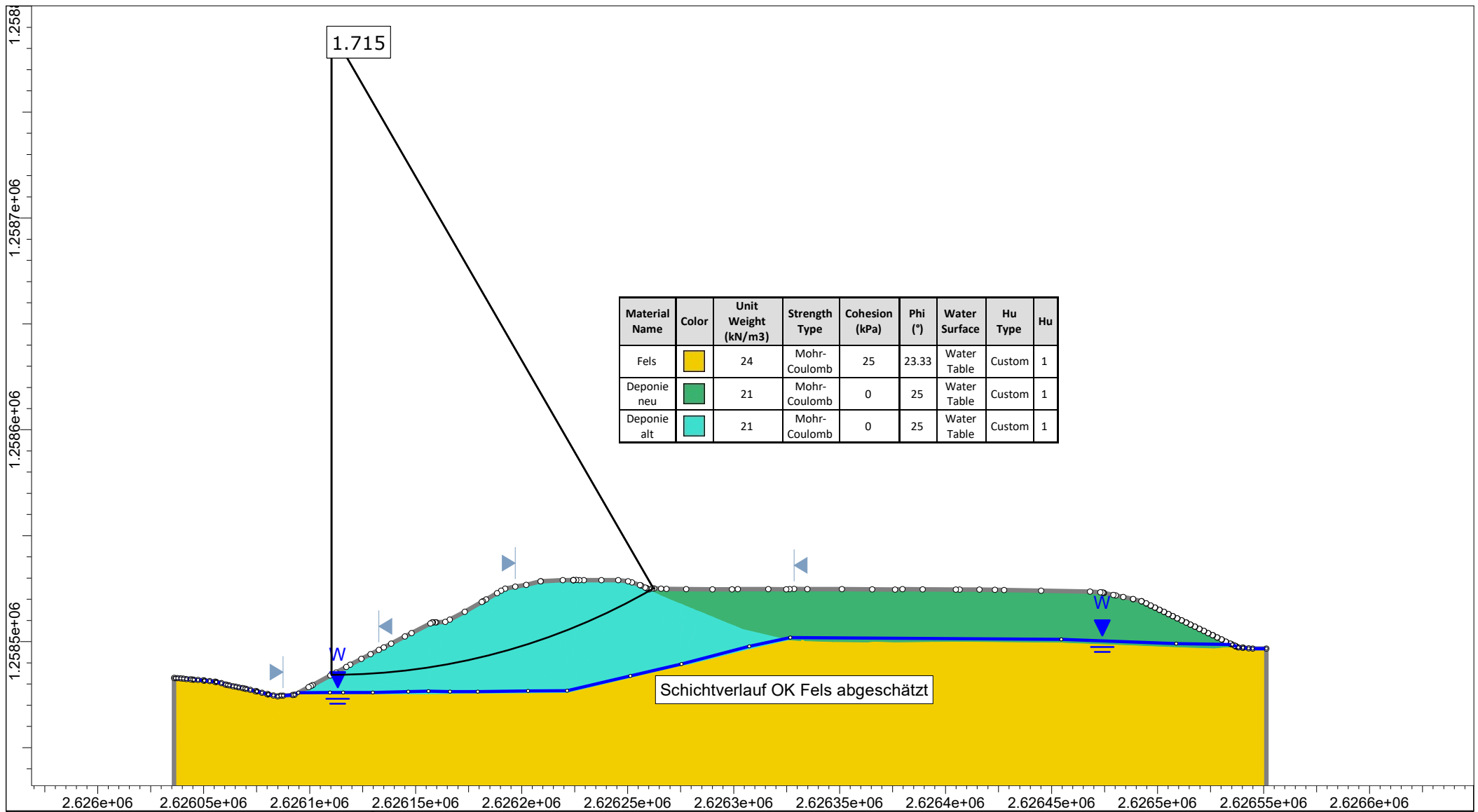


Anhang 05b: Schnitt C-C bergseitige Böschung

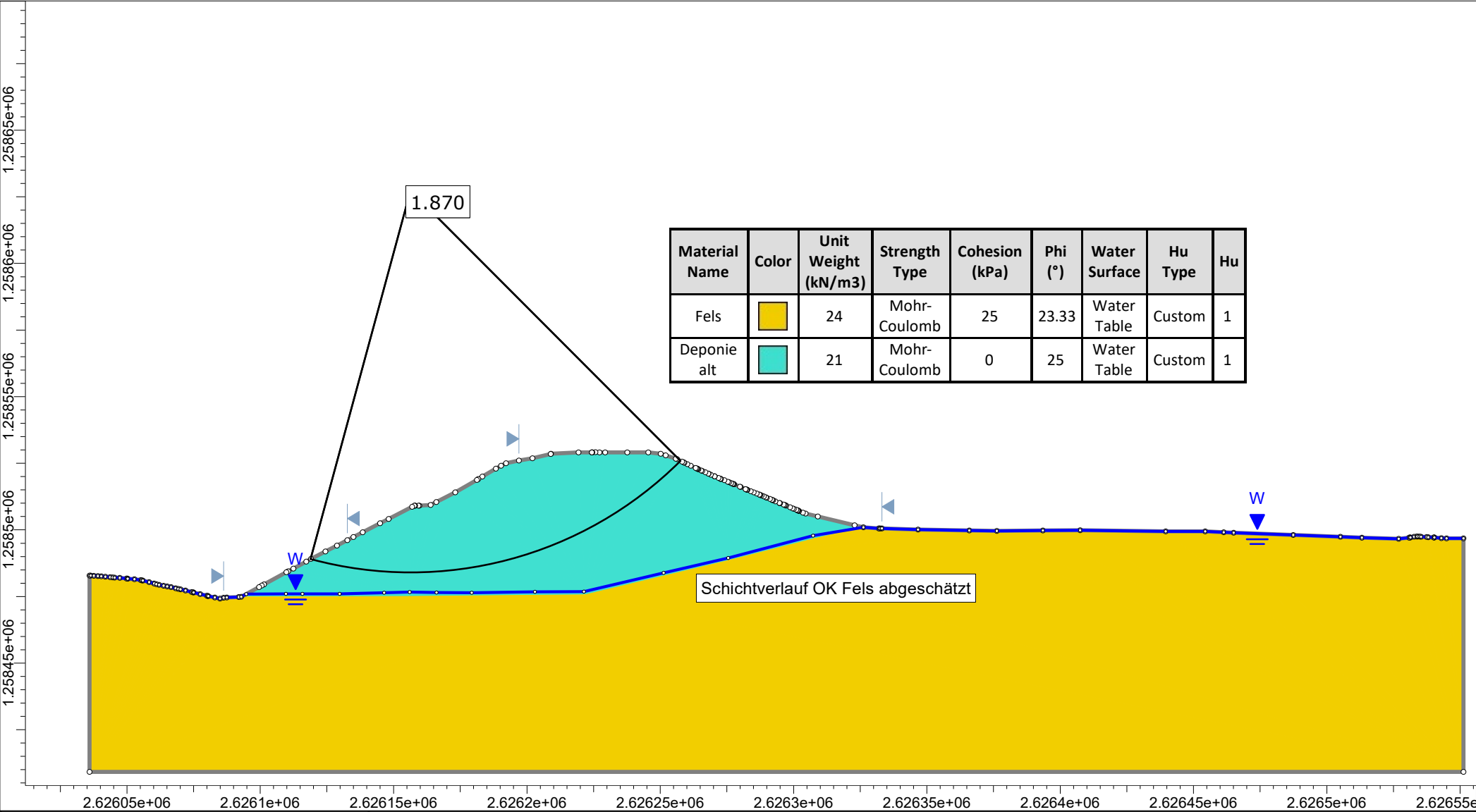


Anhang 6 Resultate der Stabilitätsberechnungen Schnitt G-G

Anhang 06a: Schnitt G-G talseitig: Einfluss neue Schüttung: Berechnung MIT neuer Schüttung



Anhang 06b: Schnitt G-G talseitig: Einfluss neue Schüttung: Berechnung OHNE neue Schüttung



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Fels		24	Mohr-Coulomb	25	23.33	Water Table	Custom	1
Deponie alt		21	Mohr-Coulomb	0	25	Water Table	Custom	1

Anhang 7 Schnitt B-B: Erdbebeneinwirkung

Anhang 07: Schnitt B-B talseitig: Erdbebeneinwirkung

