

Geotechnische Stellungnahme - Machbarkeitsstudie Uferpark

Projekt 2401016 | St Friedrichshafen Uferpark

Objektadresse

Auftraggeber Stadt Friedrichshafen
Stadtbauamt
Charlottenstraße 12
88045 Friedrichshafen

Kundennummer 20055

Projektleiter Peter Beutinger
Telefon +49-7561-9863-0
E-Mail peter.beutinger@mo-geo.de

Datum 11.02.2026

Inhalt

1	Veranlassung	3
2	Molenmauer Gondelhafen	4
2.1	Berechnungsgrundlagen	4
2.2	Berechnungsergebnisse	5
3	Ufermauer Uferpark	6
3.1	Berechnungsgrundlagen	6
3.2	Berechnungsergebnisse	7
4	Kostenschätzung	9

Anlagen

1.1	Lageplan
2.1	Querschnitt Mole und Ufermauer im Bestand und Machbarkeitsuntersuchung <u>Mole Gondelhafen</u>
3.1	Bemessung Spundwandverbau
4.1	Bemessung Brunnengründung
5.1	Bemessung Mikropfahl
6.1-2	Berechnungsmodell Mole Brunnengründung
6.3	Berechnungsmodell Mole mit alternativer Pfahlgründung
6.4-5	Standsicherheitsbetrachtung Ist-Zustand Bestand
6.6	Verschiebungen Neubau Mole
6.7-8	Standsicherheit Neubau Mole
6.9-10	Standsicherheit Mole mit Last HHW und Wellenschlag Seeterrassen
7.1	Bemessung Spundwandverbau
8.1-2	Berechnungsmodell Ufermauer Seeterrasse
8.3-4	Standsicherheitsbetrachtung Ist-Zustand Bestand
8.5	Verschiebungen Neubau Seeterrassen
8.6-7	Standsicherheit Neubau Seeterrassen Uferpark West
9.1-2	Berechnungsmodell Ufermauer West
9.3-4	Standsicherheitsbetrachtung Ist-Zustand Bestand
9.5	Verschiebungen Neubau Ufermauer West
9.6-7	Standsicherheit Neubau Ufermauer West

Unterlagen

- [U1] Moräne GmbH, Leutkirch: Geotechnischer Bericht – Uferpark Friedrichshafen, Uferpromenade; AZ 2401016geo, Vorgang 304455, 26.04.2024
- [U2] Moräne GmbH, Leutkirch: Abfalltechnischer Bericht – Uferpark Friedrichshafen, Uferpromenade; AZ 2401016geo, Vorgang 305477, 26.04.2024
- [U3] Moräne GmbH, Leutkirch: Geotechnischer Bericht – Uferpark Friedrichshafen, Mole Gondelhafen; AZ 2401016geo, Vorgang 305146, 10.05.2024
- [U4] Moräne GmbH, Leutkirch: Abfalltechnischer Bericht – Uferpark Friedrichshafen, Mole Gondelhafen; AZ 2401016geo, Vorgang 305476, 10.05.2024
- [U5] Stadt Friedrichshafen: Bestandsaufnahme Uferbereich März/April – Geländeschnitte Achse 1-4 (M 1:200), Lageplan mit Befliegung März 2017 (M 1:500); vom 27.04.2018
- [U6] Stadt Friedrichshafen: Bestandsaufmaß – Uferstr. Gondelhafen (M 1:250); vom 26.05.2025
- [U7] Kovacic Ingenieure, Sigmaringen: Regenüberlaufbecken 9 – Grundriss und Längsschnitte 1-5 (M 1:100); 09. und 29.10.2014
- [U8] Kovacic Ingenieure, Sigmaringen: Regenüberlaufbecken 9 – Lageplan Bestand (M 1:250); Oktober 2014
- [U9] Regierungsbaumeister Schlegel GmbH u. Co., München: Ufersammler IV. BA–Teil C – Ufermauerquerprofile u. Rohraufagerungen westl. TI.; M 1: 50/25, 20.06.1970
- [U10] Regierungsbaumeister Schlegel GmbH u. Co., München: Hauptsammler III. BA – Ufermauer Regelquerschnitt; M 1: 25, 15.06.1964
- [U11] Ed. Züblin AG, Ufersammler IV. Bauabschnitt Teil C – Übersichtsplan d. neuen Ufermauer; M 1 : 100/50, 10.06.1971
- [U12] K1 Landschaftsarchitekten, Berlin: Uferpark Friedrichshafen – Vorentwurf, Lageplan, Wertigkeit der zu fällenden Bäume/Baumverpflanzungen; M 1:1.000, Stand 25.08.2025

1 Veranlassung

Die Mole des Gondelhafens und die Ufermauer entlang des Uferparks in Friedrichshafen sind sanierungsbedürftig. Die Sanierung soll im Rahmen der Umgestaltung des Uferparks erfolgen. Mit Schreiben vom 01.08.2025 wurde die Moräne GmbH vom Stadtbauamt der Stadt Friedrichshafen mit der Erstellung einer Machbarkeitsstudie und einer Kostenschätzung für die Molenmauer Gondelhafen und die Ufermauer am Uferpark beauftragt.

Die Machbarkeitsstudie basiert auf den Unterlagen U1-U12.

2 Molenmauer Gondelhafen

2.1 Berechnungsgrundlagen

Die Baugrundverhältnisse und der Zustand der sanierungsbedürftigen Molenmauer am Gondelhafen sind im Geotechnischen und Abfalltechnischen Bericht [U3 + U4] ausführlich beschrieben. Die Bestandsmauer ist flach, auf einer Kote von 391,0 m NHN, gegründet und nicht ausreichend standsicher.

Der Baugrund setzt sich wie folgt zusammen:

See- und Beckenablagerungen
Geschiebemergel
Glazial belastete Beckensedimente

Die Unterkante der See- und Beckenablagerungen wurde auf einer Kote von 388,5 – 391,0 m NHN verortet. Der Geschiebemergel und die glazial belasteten Beckensedimente stehen in Wechsellagerung an.

Die Berechnungen der Machbarkeit wurden mit Hilfe der Finiten Elemente Methode mit dem Programmcode Plaxis 2D, Version 25.1.1.9, berechnet. Die Berechnungen beinhalten neben dem Rückbau der Mole, der Einbau der neuen Gründung, den Neubau und die spätere Wellenbelastung.

Da das Design der Mole erst über einen Wettbewerb ermittelt werden soll wurde der Neubau analog zum Bestand modelliert.

Neben der Bemessung der Gründung wurde auch der notwendige Verbau vorbemessen und in der Simulation berücksichtigt.

Das Berechnungsmodell ist in den Anlagen 6.1-2 dargestellt. Es hat eine Breite von 45 m und eine Tiefe von ca. 15 m unterhalb des Seegrunds.

Um eine ausreichende Standsicherheit zu erhalten ist eine Gründung auf dem Geschiebemergel bzw. den glazial vorbelasteten Beckensedimenten notwendig. Hierzu eignen sich z. B: sog. Brunnengründungen mit einem Durchmesser von 1,2 m. Je Querschnitt sind zwei Brunnen notwendig die in einem Abstand von 3 m in Längsrichtung eingebaut werden. Die Brunnen werden im Schutze einer Hilfsverrohrung aus Stahl (Stahlrohr) mit einem Rundgreifer ausgehoben und betoniert.

Alternativ zur Gründung auf „Brunnen“ können auch Mikropfähle zum Einsatz kommen (siehe Anlage 6.3). Zur Aufnahme von Horizontalkräften müssen sie geneigt hergestellt werden. Je Querprofil sind mindestens zwei Pfähle erforderlich, das Achsmaß beträgt 2 m.

Folgende Rechenschritte wurden bei der Simulation durchgeführt:

:	Initialspannungszustand
:	Simulation Bestand: Aushub
	Einbau Bestandsmole mit Verkehrslast
	Standsicherheitsanalyse
	Last HHW mit Wellenschlag
	Standsicherheitsanalyse 1
:	Einbau Verbau und Abbruch Mole
:	Einbau Bodenverbesserung 1,0 m
:	Herstellung Brunnengründung d = 1,2 m
:	Aufbau Mole neu mit Verkehrslast
:	Standsicherheitsanalyse 2
:	Last HHW mit Wellenschlag
:	Standsicherheitsanalyse 3

2.2 Berechnungsergebnisse

Der wasserdichte Verbau besteht aus einer einfach ausgesteiften Spundwand mit folgenden Eigenschaften (Anlage 3.1):

Profil	AU14
Stahlgüte	S240GP
Länge	9,8 m
Einbindelänge	6,27 m
Aussteifung	48 kN/m (charakteristisch)
Abstand Aussteifung	6 m
Gurtung	ja

Die Bemessung der Brunnengründung erfolgte in Anlage 4.1. Die Brunnen mit einem Durchmesser von $d = 1,2$ m sind mindestens 2 m in den tragfähigen Geschiebemergel zu führen. Der Ausnutzungsgrad bei einer Vertikallast von $V = 738$ kN bestimmt sich zu

$$\eta = 0,933$$

Anlage 4.1

Alternativ zur Brunnengründung kann auch eine Gründung auf Mikropfählen erfolgen. Diese dürfen nicht auf Biegung bemessen werden und müssen daher als Pfahlbock (min. 2 Pfähle je Querschnitt) ausgebildet werden. Die Vorbemessung ist in Anlage 5.1 mit einem Achsmaß von $a = 2,0$ m angegeben.

In Anlage 6.4 sind die rechnerischen Verschiebungen bei der Standsicherheitsbetrachtung im Istzustand dargestellt. Die Betrachtung der Gesamtstandsicherheit erfolgt bei der FE-Methode mit Hilfe der sog. phi-c-Reduktion. Das Sicherheitsniveau ($\sum Msf$) beträgt

$$\mu = 1,154$$

Anl. 6.5

und liegt somit unter dem erforderlichen Sicherheitsniveau nach EC7. Im Sinne des EC7 sind Ausnutzungsgrade anzugeben. Unter Berücksichtigung eines Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma = 1,4$ (dauerhafter Bauzustand (BS-P)) lässt sich der Ausnutzungsgrad der Mole am Gondelhafen zu

$$\eta = 1 / \mu \cdot \gamma = 1 / 1,154 \cdot 1,4 = 1,213 > \eta_{\text{erf.}} = 1,0.$$

Durch den Neubau der Mole im Schutze eines ausgesteiften Spundwandkastens entstehen Setzungen. Diese sind in Anlage 6.6 dargestellt und betragen

maximal	$s_{\text{max}} = 3,4$ cm	Anl. 6.6
Mole	$s_m = 1,1$ cm	

Die Standsicherheitsbetrachtung wurde für die neue Mole bei Normalwasserständen (Anlage 6.7-8) und im Hochwasserfall mit Wellenschlag (Anl. 6.9-10) berechnet. Wie aus den Anlagen hervorgeht liegt der Kritische Gleitbereich in der Vorschüttung aus Wasserbausteinen (Wellenschutz).

Das Sicherheitsniveau beträgt

Mole neu	$\mu = 1,662$	Anl. 6.8
HHW und Wellenschlag	$\mu = 1,712$	Anl. 6.10

woraus sich der Ausnutzungsgrad wie folgt bestimmen lässt

Mole neu	$\eta = 0,842$	Anl. 6.8
HHW und Wellenschlag	$\eta = 0,818$	Anl. 6.10

3 Ufermauer Uferpark

Die Ufermauer entlang des Uferparks, zwischen Gondelhafen und Yachthafen, ist in zwei Bereiche einzuteilen. Die Trennung der Bereich erfolgt an der historischen Treppe. Östlich sollen die Seeterrassen in Form von Sitzstufen entstehen, westlich ist der Neubau der Mauer geplant und wird als Uferpark West bezeichnet.

3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Baugrundverhältnisse und der Zustand der sanierungsbedürftigen Ufermauer entlang des Uferparks sind im Geotechnischen und Abfalltechnischen Bericht [U1 + U2] ausführlich beschrieben. Die Gründungsverhältnisse der Bestandsmauer sind nicht eindeutig (siehe [U9 – U11]), so dass sowohl eine Flachgründung als auch eine Gründung auf Mikropfählen möglich ist.

3.1.1 Seeterrassen

Der Baugrund setzt sich im Bereich der Seeterrassen wie folgt zusammen:

Auffüllungen
Geschiebemergel
Glazial belastete Beckensedimente

Die Unterkante der Auffüllungen wurde auf einer Kote von 394,1 – 395,3 m NHN verortet. Der Geschiebemergel und die glazial belasteten Beckensedimente stehen in Wechsellagerung an.

In diesem Bereich soll die Mauer entfernt werden und durch als Sitzstufen angeordnete Wasserbausteine treppenförmig aufgebaut werden [U12]. Es sollen auch Flächen für Sport und Spiel entstehen.

Es ergibt sich die Möglichkeit, dass die vorhandene Ufermauer nur in Teilen rückgebaut wird. Als Abbruchebene wird eine Kote von 395,5 m NHN in der Untersuchung angesetzt. Dadurch ist auch nur auf der Wasserseite der Baugrube ein Verbau notwendig, welcher später auch als Gründung für den seeseitigen Wasserbaustein dienen kann.

Als maßgeblich ist der Bereich unmittelbar neben der historischen Treppe angesehen, da hier der Geländesprung am steilsten überwunden wird.

Das Berechnungsmodell ist in den Anlagen 8.1-2 dargestellt. Es hat eine Breite von 45 m und eine Tiefe von ca. 20 m.

Um eine ausreichende Standsicherheit zu erhalten ist eine Gründung des seeseitigen Wasserbausteins bzw. Fundament auf der Spundwand notwendig. Diese dient gleichzeitig als Kolkschutz. Als Hinterfüllmaterial eignet sich frostsicherer, gut verdichtbarer Kiessand.

Folgende Rechenschritte wurden bei der Simulation durchgeführt:

:	Initialspannungszustand
:	Simulation Bestand:
	Verbau
	Bestandsmauer
	Arbeitsraumverfüllung
	Verkehrslasten
	Standsicherheitsanalyse 1
:	Aushub 395,5 m NHN
:	Einbau Verbau
:	Teilabbruch Ufermauer auf 395,5 m NHN
:	Neubau Seeterrasse
:	Verkehrslasten

: Standsicherheitsanalyse 2

3.1.2 Uferpark West

Der Baugrund setzt sich im Bereich der Ufermauer West wie folgt zusammen:

Auffüllungen
 Geschiebemergel
 Glazial belastete Beckensedimente

Die Unterkante der Auffüllungen wurde auf einer Kote von 394,5 m NHN verortet. Darunter folgen der Geschiebemergel und die glazial belasteten Beckensedimente.

In diesem Bereich soll die Mauer erneuert werden. In Teilbereichen liegt der Regenwasserkanal DN 1400 [U9 – U11] unmittelbar hinter der Ufermauer und muss im Zuge der Sanierungsmaßnahme umverlegt werden.

Für den Abbruch der Ufermauer ist ein wasserdichter Verbau samt Wasserhaltung erforderlich. Die Berechnungen beinhalten neben dem Rückbau der Ufermauer den Neubau.

Da das Design der Ufermauer erst über einen Wettbewerb ermittelt werden soll wurde der Neubau analog zum Bestand modelliert.

Der Bereich mit dem Auslauf des Regenüberlaufbeckens wurde nicht betrachtet.

Das Berechnungsmodell ist in den Anlagen 9.1-2 dargestellt. Es hat eine Breite von 45 m und eine Tiefe von ca. 20 m.

Als Hinterfüllmaterial eignet sich frostsicherer, gut verdichtbarer Kiessand.

Folgende Rechenschritte wurden bei der Simulation durchgeführt:

:	Initialspannungszustand
:	Simulation Bestand:
	Bestandsmauer
	Arbeitsraumverfüllung
	Verkehrslasten
	Einbau Kanal
	Verkehrslasten
	Standsicherheitsanalyse 1
:	Voraushub und Ausbau Kanal
:	Einbau Verbau
:	Abbruch Ufermauer
:	Neubau Ufermauer
:	Hinterfüllung
:	Verkehrslasten
:	Standsicherheitsanalyse 2

3.2 Berechnungsergebnisse

3.2.1 Seeterrassen

Der Verbau besteht aus einer Spundwand mit folgenden Eigenschaften (Anlage 7.1):

Profil	AU14
Stahlgüte	S240GP
Länge	7,62 m

Einbindelänge 5,82 m

In Anlage 8.3 sind die rechnerischen Verschiebungen bei der Standsicherheitsbetrachtung im Istzustand dargestellt. Die Betrachtung der Gesamtstandsicherheit erfolgt bei der FE-Methode mit Hilfe der sog. phi-c-Reduktion. Das Sicherheitsniveau (ΣM_{sf}) beträgt

$$\mu = 2,235 \quad \text{Anl. 8.4}$$

und liegt somit über dem erforderlichen Sicherheitsniveau nach EC7. Im Sinne des EC7 sind Ausnutzungsgrade anzugeben. Unter Berücksichtigung eines Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma = 1,25$ (dauerhafter Bauzustand (BS-P)) lässt sich der Ausnutzungsgrad der Ufermauer am Uferpark zu

$$\eta = 1 / \mu \cdot \gamma = 1 / 2,235 \cdot 1,25 = 0,559 < \eta_{\text{erf.}} = 1,0.$$

Durch den Neubau der Seeterrassen entstehen Setzungen. Diese sind in Anlage 8.5 dargestellt und betragen

maximal	$s_{\text{max}} = 1,5 \text{ cm}$	Anl. 8.5
Sitzstufen	$s_m = 1,0 \text{ cm}$	

Die Standsicherheitsbetrachtung wurde für die Seeterrassen bei Normalwasserständen (Anlage 8.6-7) berechnet. Das Sicherheitsniveau beträgt

$$\mu = 2,937 \quad \text{Anl. 8.6}$$

woraus sich der Ausnutzungsgrad zu

$$\eta = 0,426 \quad \text{Anl. 8.7}$$

bestimmt.

3.2.2 Uferpark West

Der Verbau besteht aus einer Spundwand mit folgenden Eigenschaften:

Profil	AU14
Stahlgüte	S240GP
Länge	6,0 m
Einbindelänge	3,0 m
Abstand Aussteifung	6 m
Gurtung	ja

In Anlage 9.3 sind die rechnerischen Verschiebungen bei der Standsicherheitsbetrachtung im Istzustand dargestellt. Die Betrachtung der Gesamtstandsicherheit erfolgt bei der FE-Methode mit Hilfe der sog. phi-c-Reduktion. Das Sicherheitsniveau (ΣM_{sf}) beträgt

$$\mu = 1,360 \quad \text{Anl. 9.4}$$

und liegt somit über dem erforderlichen Sicherheitsniveau nach EC7. Im Sinne des EC7 sind Ausnutzungsgrade anzugeben. Unter Berücksichtigung eines Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma = 1,25$ (dauerhafter Bauzustand (BS-P)) lässt sich der Ausnutzungsgrad der Ufermauer am Uferpark West zu

$$\eta = 1 / \mu \cdot \gamma = 1 / 1,360 \cdot 1,25 = 0,919 < \eta_{\text{erf.}} = 1,0.$$

Durch den Neubau der Seeterrassen entstehen Setzungen. Diese sind in Anlage 9.5 dargestellt und betragen

maximal	$s_{\max} = 6,3 \text{ cm}$	Anl. 9.5
Sitzstufen	$s_m = 2,6 \text{ cm}$	

Die Standsicherheitsbetrachtung wurde für die Seeterrassen bei Normalwasserständen (Anlage 9.6-7) berechnet. Das Sicherheitsniveau beträgt

$\mu = 1,356$	Anl. 9.6
---------------	----------

woraus sich der Ausnutzungsgrad zu

$\eta = 0,922$	Anl. 9.7
----------------	----------

bestimmt.

4 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung ist für die jeweiligen Abschnitte getrennt aufgestellt worden. Es sind die Kosten für die Abbrucharbeiten, Verbau- und Wasserhaltungsarbeiten, den Neubau enthalten. Kosten für Beläge oder für Füllflächen und Spielbereiche an den Seeterrassen bzw. den Rückbau und die Umverlegung des Regenwasserkanals im Bereich Uferpark West sind **nicht** enthalten.

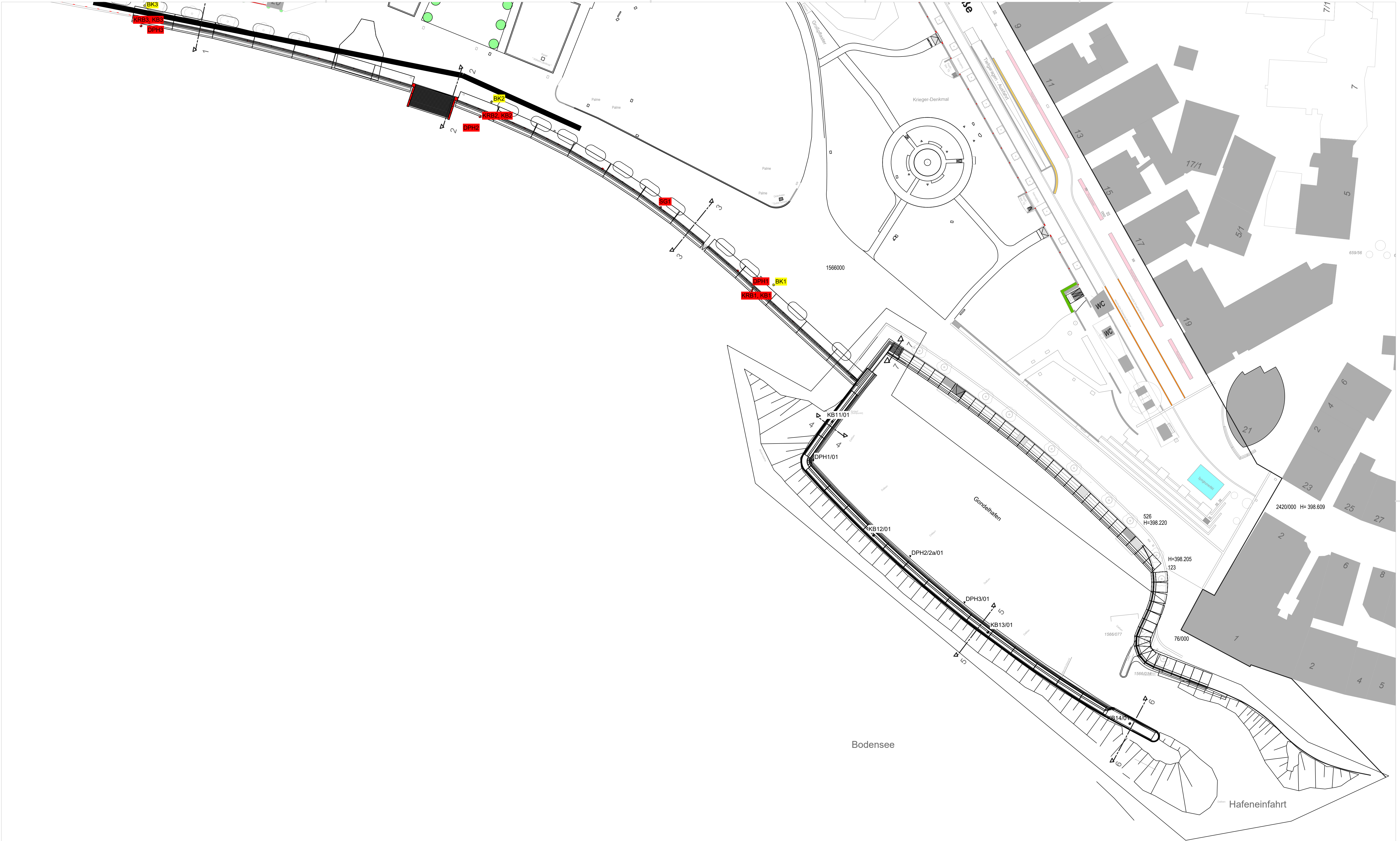
Die Kostenschätzungen haben folgende Summen ergeben:

Mole Gondelhafen	3.911.779 € (Brunnen)	Anl. 10.1
	3.904.624 € (Pfähle)	
Seeterrassen	909.215 €	Anl. 10.2
Uferpark West	2.330.255 €	Anl. 10.3



ppa. Dr.-Ing. Peter Beutinger
Technischer Leiter

Moräne GmbH



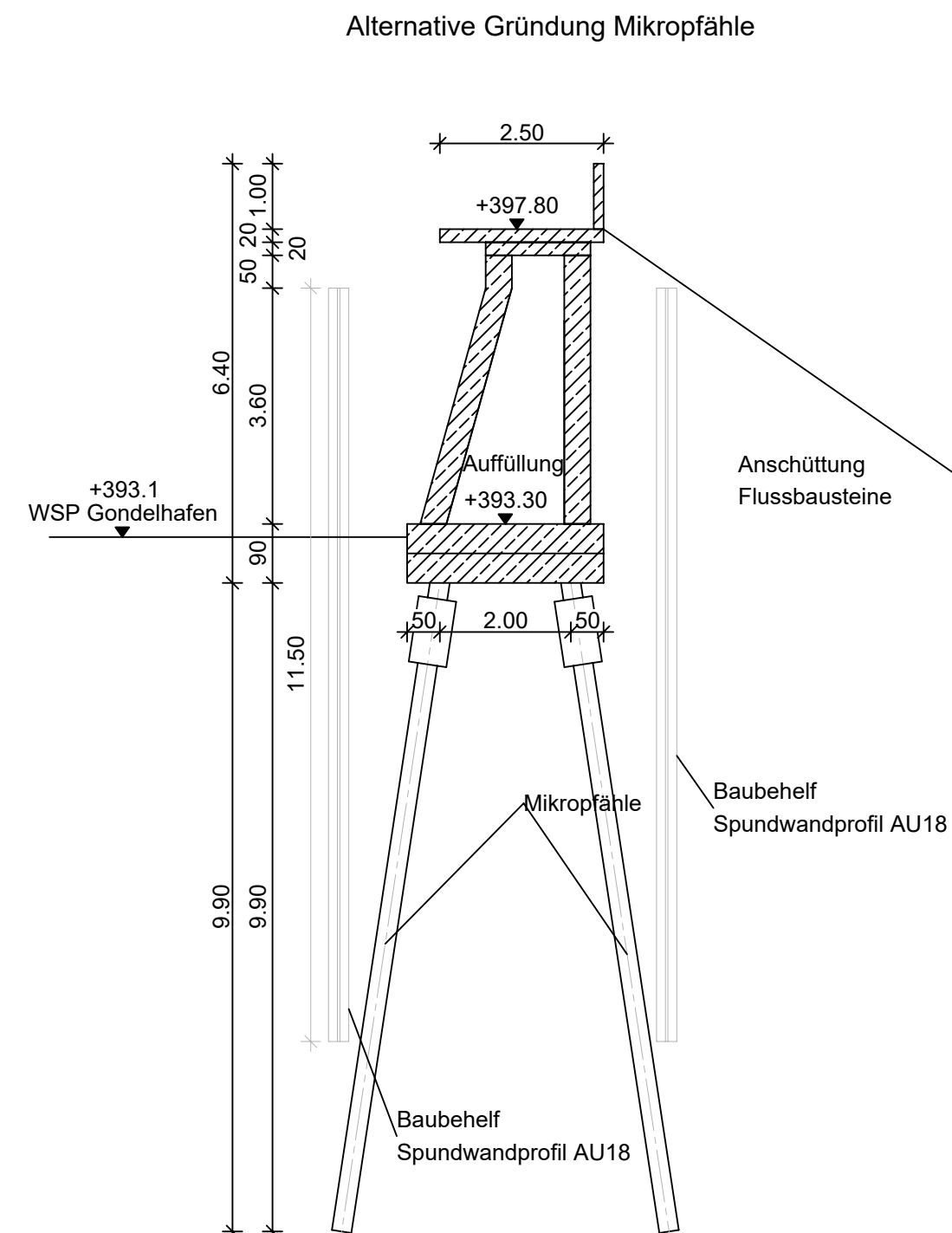
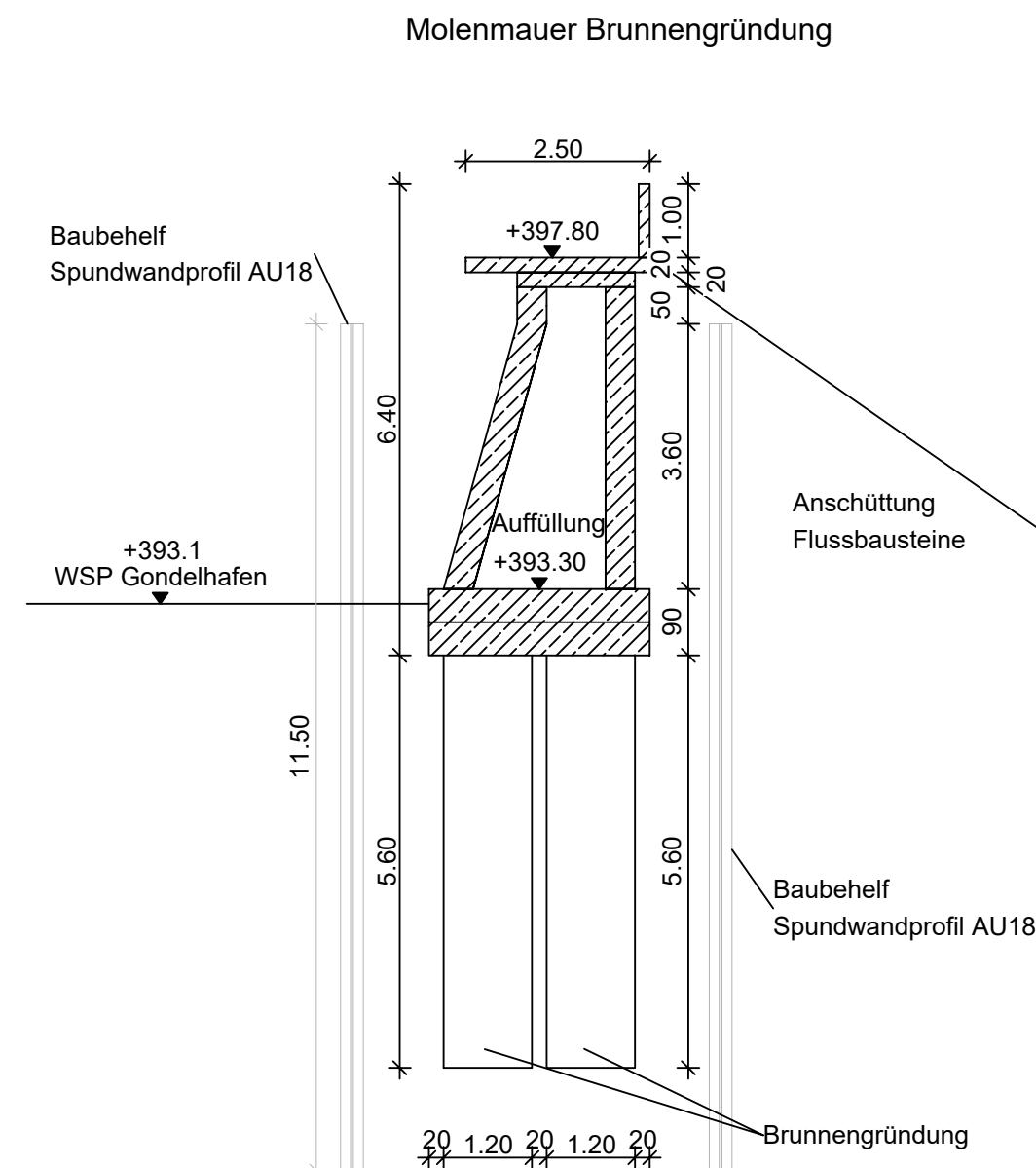
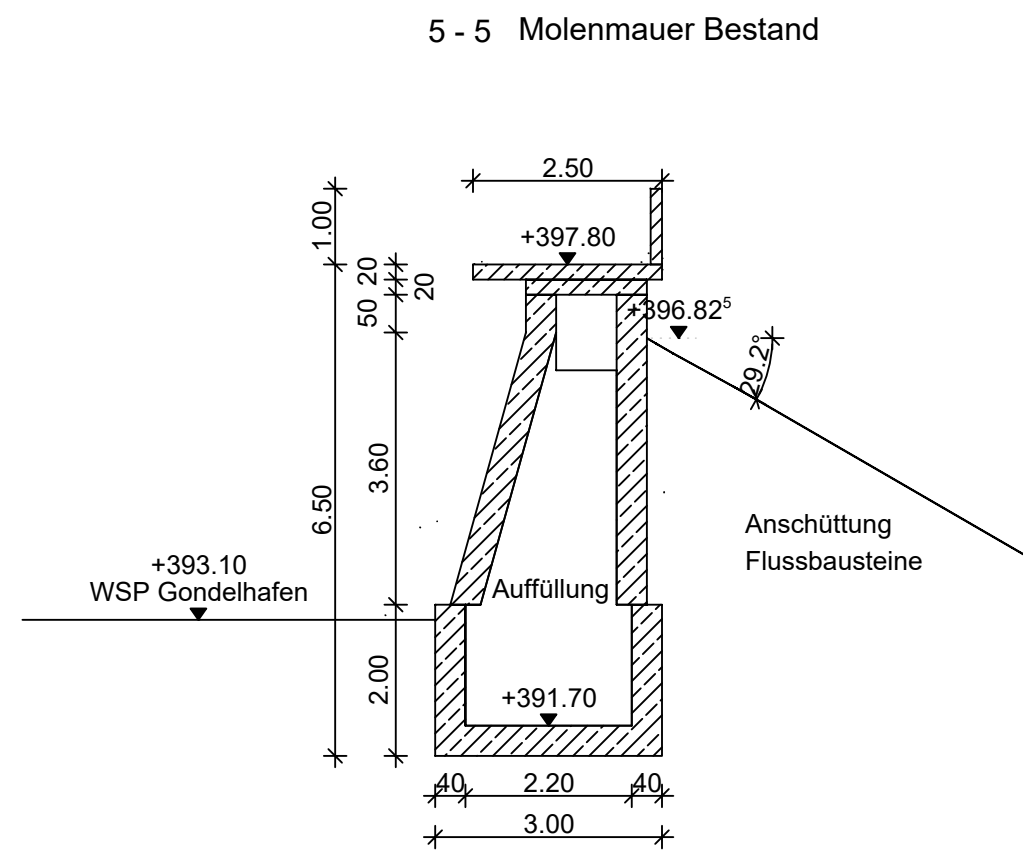
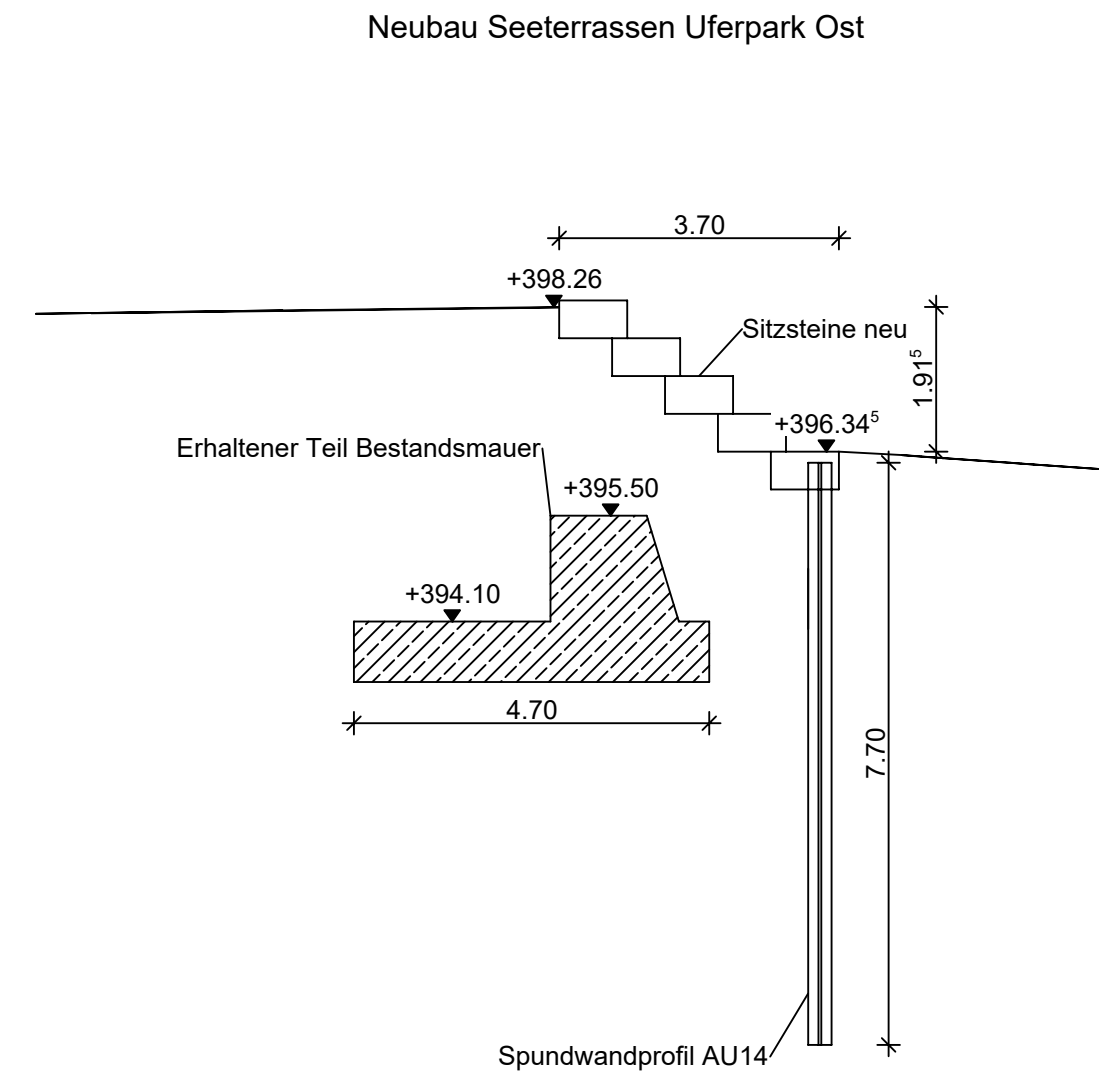
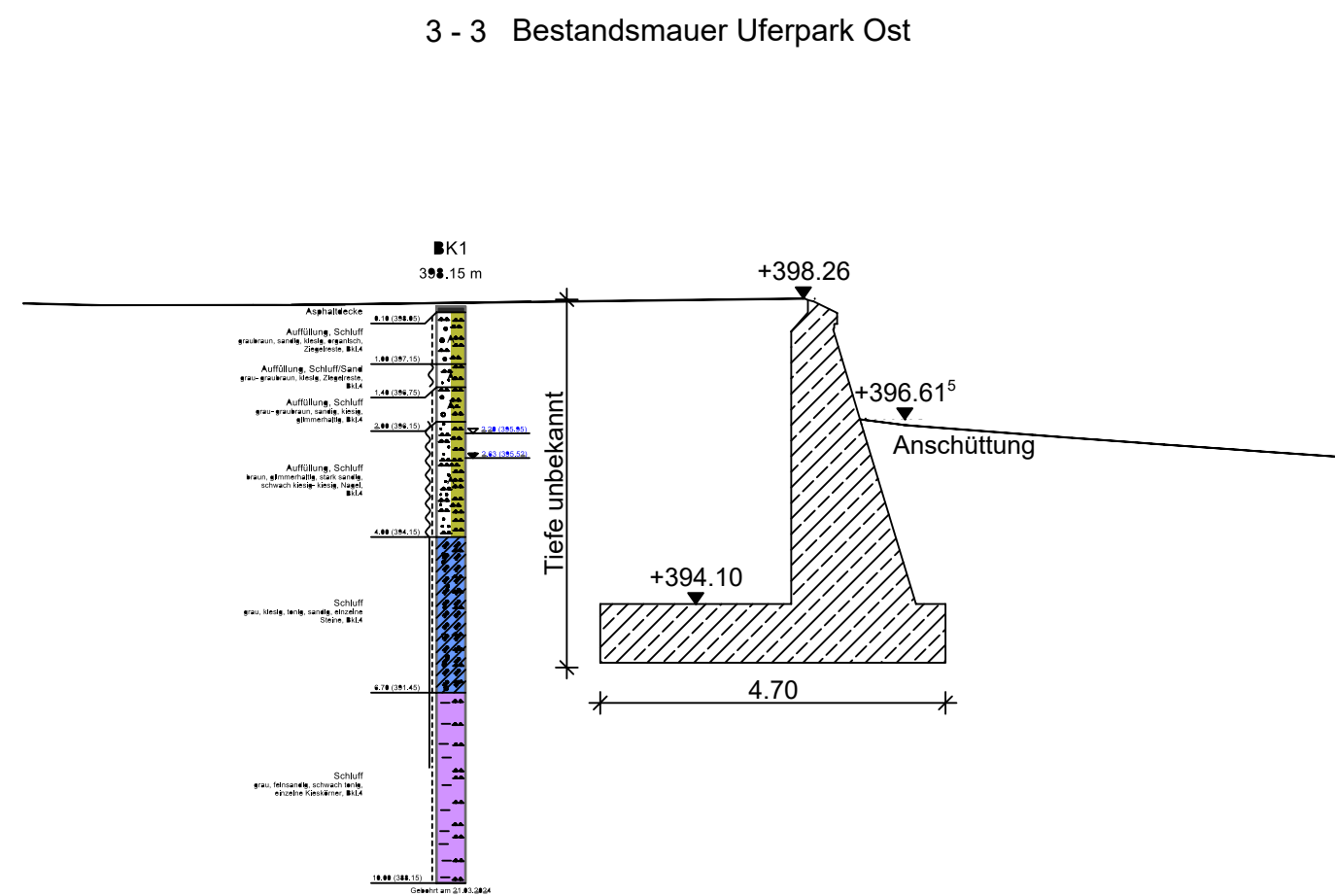
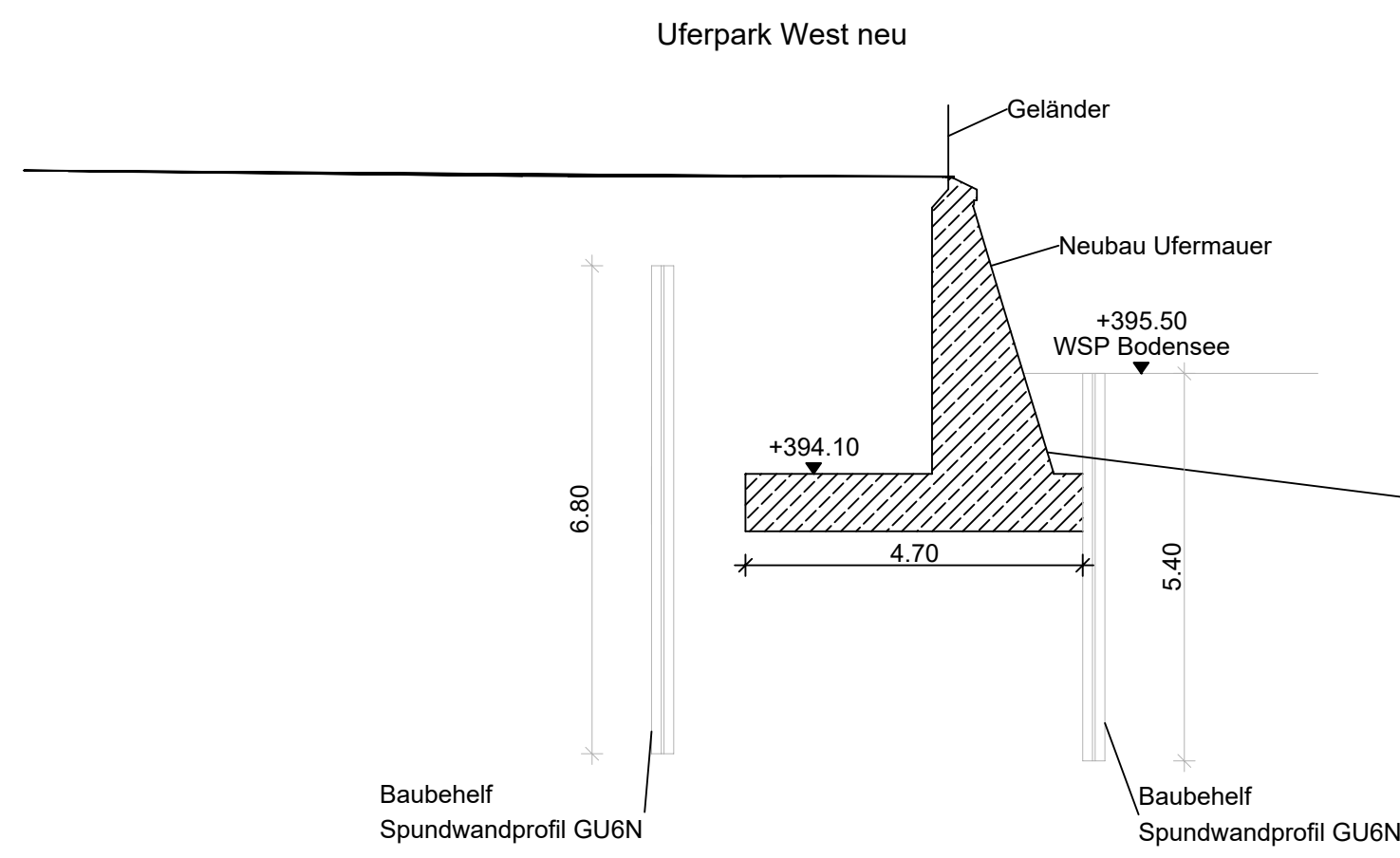
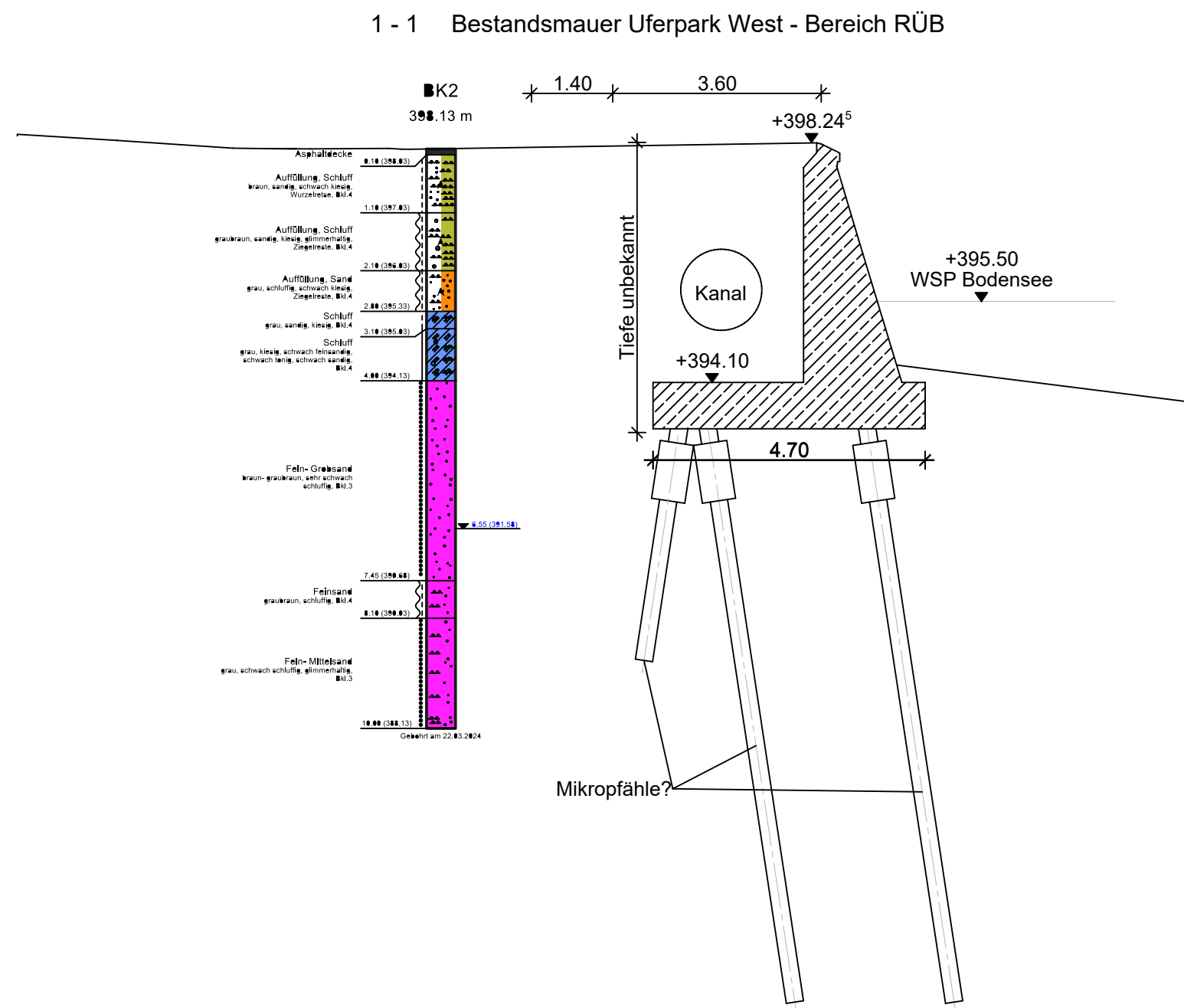
Moräne GmbH

info@mo-geo.de www.morane-geotechnik.de Tel. +49 7561 9863-0

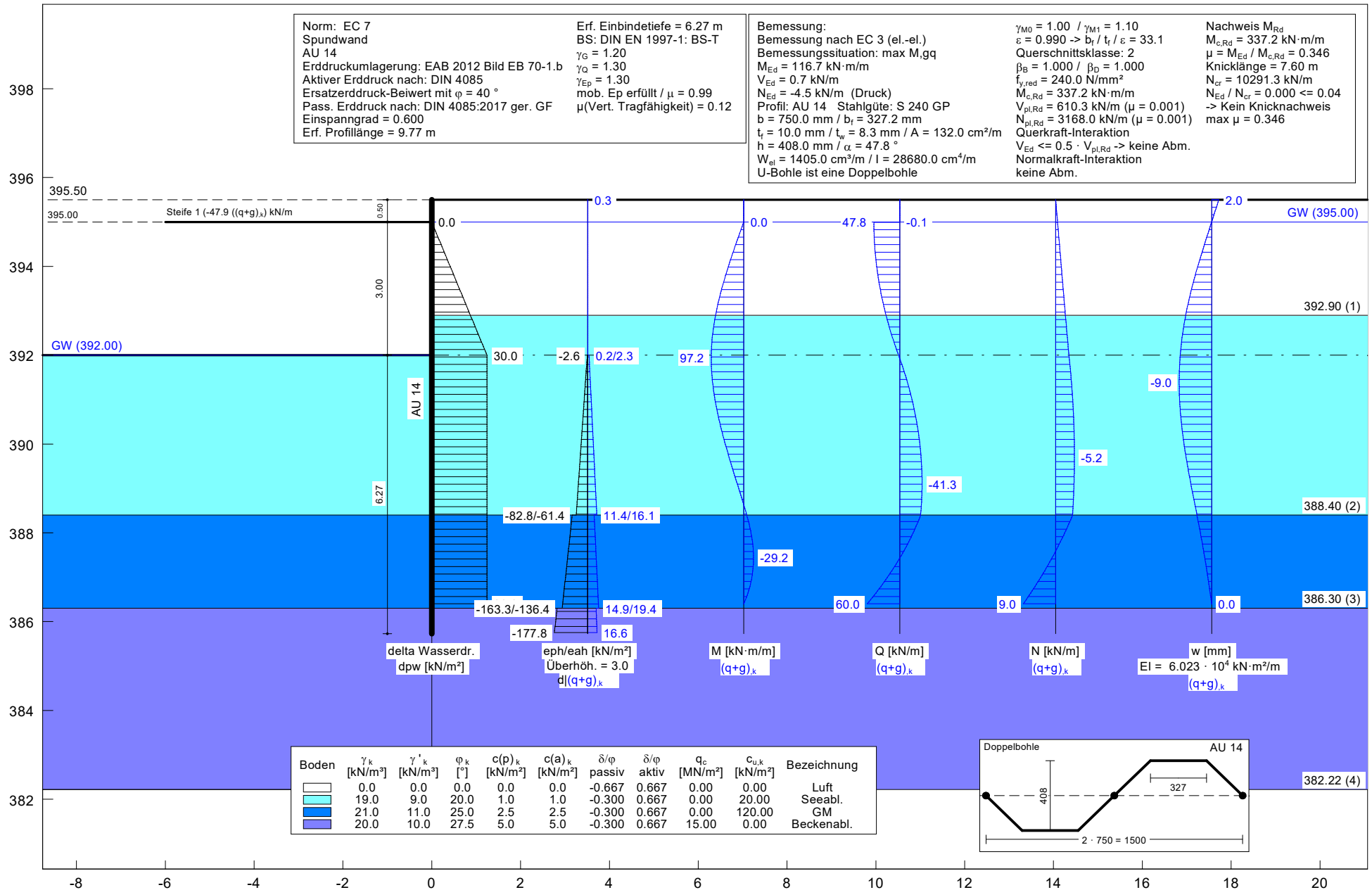


MORÄNE
Geotechnik
Bohrtechnik

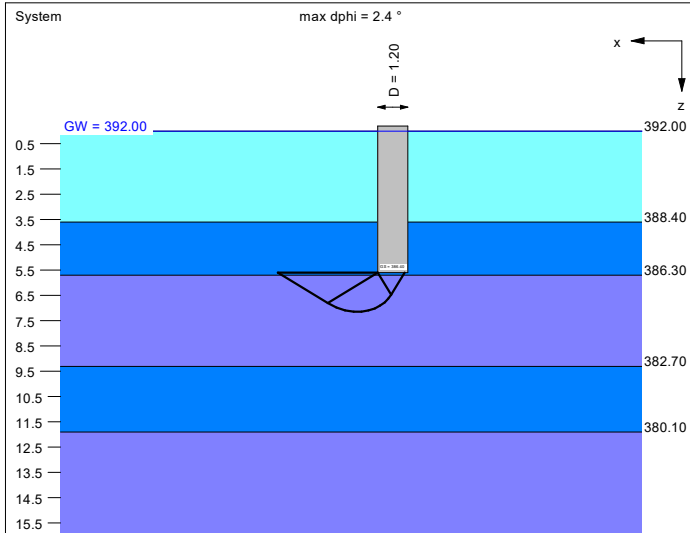
Bauvorhaben: St. Friedrichshafen Uferpark	Maßstab: 1:100/50	Aktenzeichen: 2401016
Planinhalt: Übersichtsplan Schnitte	Plandatum: 05.09.2025	Sachbearbeiter: JT
Planungsstand: Entwurfsplan	Index:	Anlage: 1.1
Darstellungsart: Grundriss		



Moräne GmbH		
info@mo-geo.de www.morane-geotechnik.de Tel. +49 7561 9863-0		
		
Bauvorhaben: St Friedrichshafen Uferpark	Maßstab: 1:100	Aktenzeichen: 2401016
Planinhalt: Uferpark, Gondelhafen, Mole	Plandatum: 08.05.2026	Sachbearbeiter: JT
Planungsstand: Entwurfsplan	Index:	Anlage: 2.1
Darstellungsart: Schnitte Bestand + Neubau		



Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	ν [-]	κ [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	20.0	1.0	5.0	0.00	1.000	Seeablagerungen
	21.0	11.0	25.0	2.5	40.0	0.00	1.000	GM
	20.0	10.0	27.5	5.0	30.0	0.00	1.000	Beckenabl.
	21.0	11.0	25.0	5.0	40.0	0.00	1.000	GM
	20.0	10.0	27.5	5.0	30.0	0.00	1.000	Beckenabl.



Ergebnisse Einzelfundament:

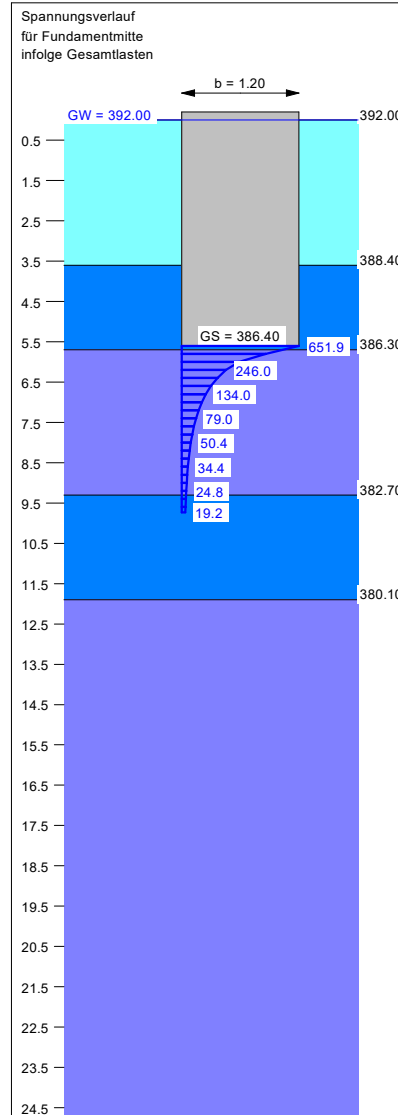
Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 737.30 / 0.00$ kN
 Eigengewichtsanteil $G_k = 95.00$ kN
 γ (Beton) = 25.00 kN/m³
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 1.200$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 0.150 m)
 $a' = 1.063$ m
 $b' = 1.063$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 0.150 m)
 $a' = 1.063$ m
 $b' = 1.063$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 1321.1 / 943.62$ kN/m²
 $R_{n,k} = 1494.09$ kN
 $R_{n,d} = 1067.21$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 737.30 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 995.36$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.933
 $\varphi = 27.4$ °
 $\text{cal } c = 4.87$ kN/m²

cal $\gamma_2 = 10.10$ kN/m³
cal $\sigma_d = 54.40$ kN/m²
 UK log. Spirale = 7.14 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 6.13 m
 Fläche log. Spirale = 4.90 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{d0} = 24.62$; $N_{d0} = 13.75$; $N_{b0} = 6.60$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.496$; $v_d = 1.460$; $v_b = 0.700$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 737.30 \cdot \tan(25.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 312.55$ kN
 $T_d = 0.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.001$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 9.73$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.71 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 1.71 cm
 unten = 1.71 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 737.3 \cdot 1.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 398.1$
 $M_{dnt} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 398.1 = 0.000$



Uferpark Friedrichshafen
 Mole Gondelhafen
 Brunnengründung

AZ 2401016

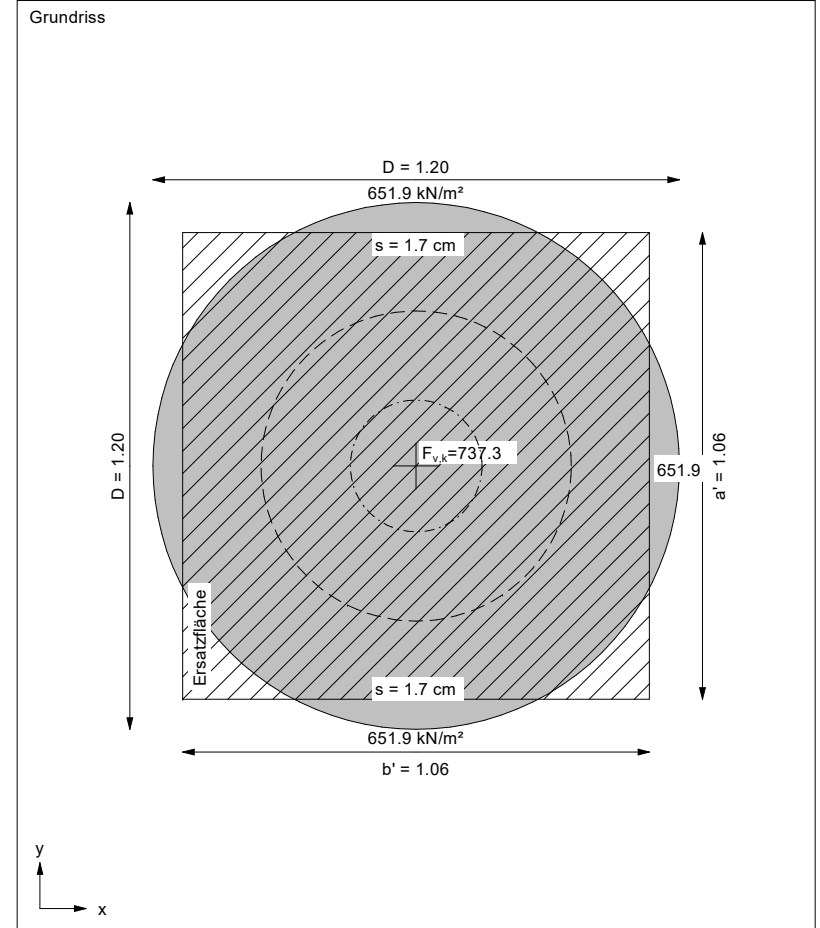
Anlage 4.1

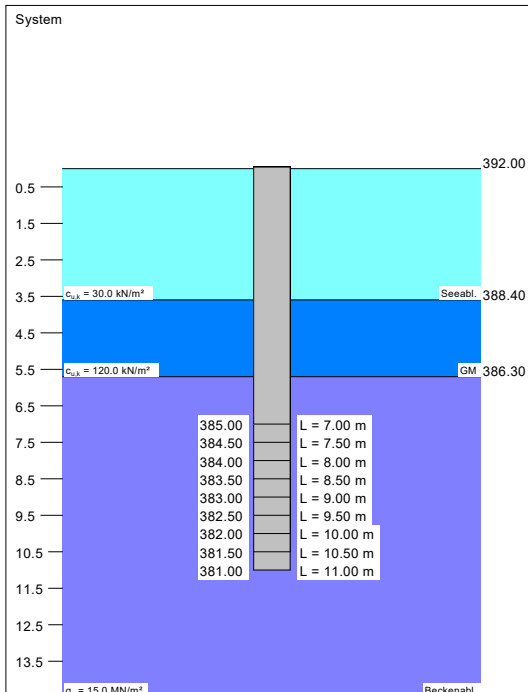
Berechnungsgrundlagen:

Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

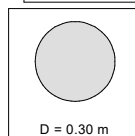
$\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Oberkante Gelände = 392.00 mNHN
 Gründungssohle = 386.40 mNHN
 Grundwasser = 392.00 mNHN
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

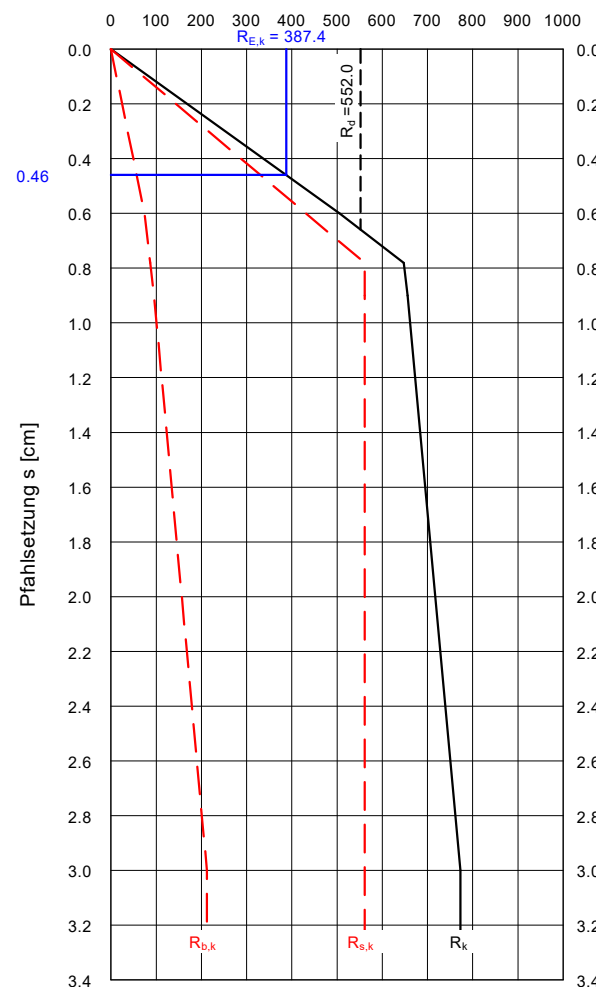




Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k02}$ [MN/m²]	$q_{b,k03}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s,k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	0.0	30.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Seeabl.
	0.0	120.0	0.450	0.550	0.960	0.0433	GM
	15.0	0.0	1.050	1.350	3.000	0.1050	Beckenabl.



Pfahlwiderstand R_k [kN]



Berechnungsgrundlagen

Norm: EC 7

Bohrpfahl

Verhältnisswert (min, max) = 0.00

Interpolation Mantelreibung:

bei $q_c < 7.5$ MN/m² deaktiviert

bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert

Pfahldurchmesser = 0.300 m

$\gamma_P = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

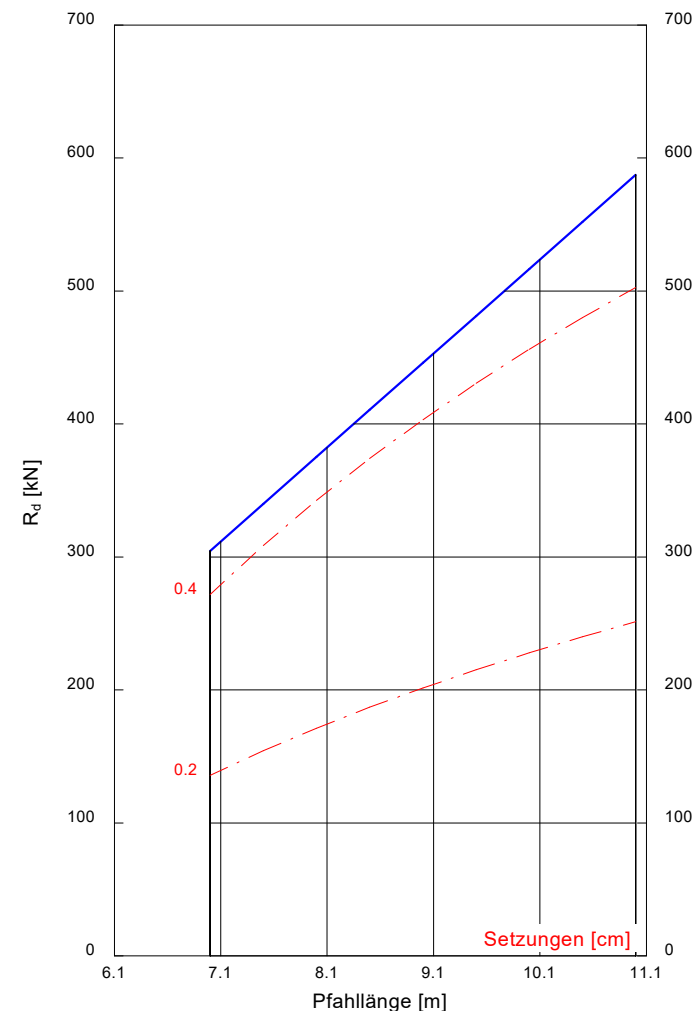
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$

— R_d

- - - - - Setzung



D [m]	Länge [m]	R_k [kN]	R_d [kN]	$R_{E,k}$ [kN]	s [cm]
0.300	7.00	426.5	304.6	213.8	0.448
0.300	7.50	476.0	340.0	238.6	0.441
0.300	8.00	525.4	375.3	263.4	0.438
0.300	8.50	574.9	410.7	288.2	0.439
0.300	9.00	624.4	446.0	313.0	0.442
0.300	9.50	673.9	481.3	337.8	0.447
0.300	10.00	723.4	516.7	362.6	0.453
0.300	10.50	772.8	552.0	387.4	0.460
0.300	11.00	822.3	587.4	412.2	0.468

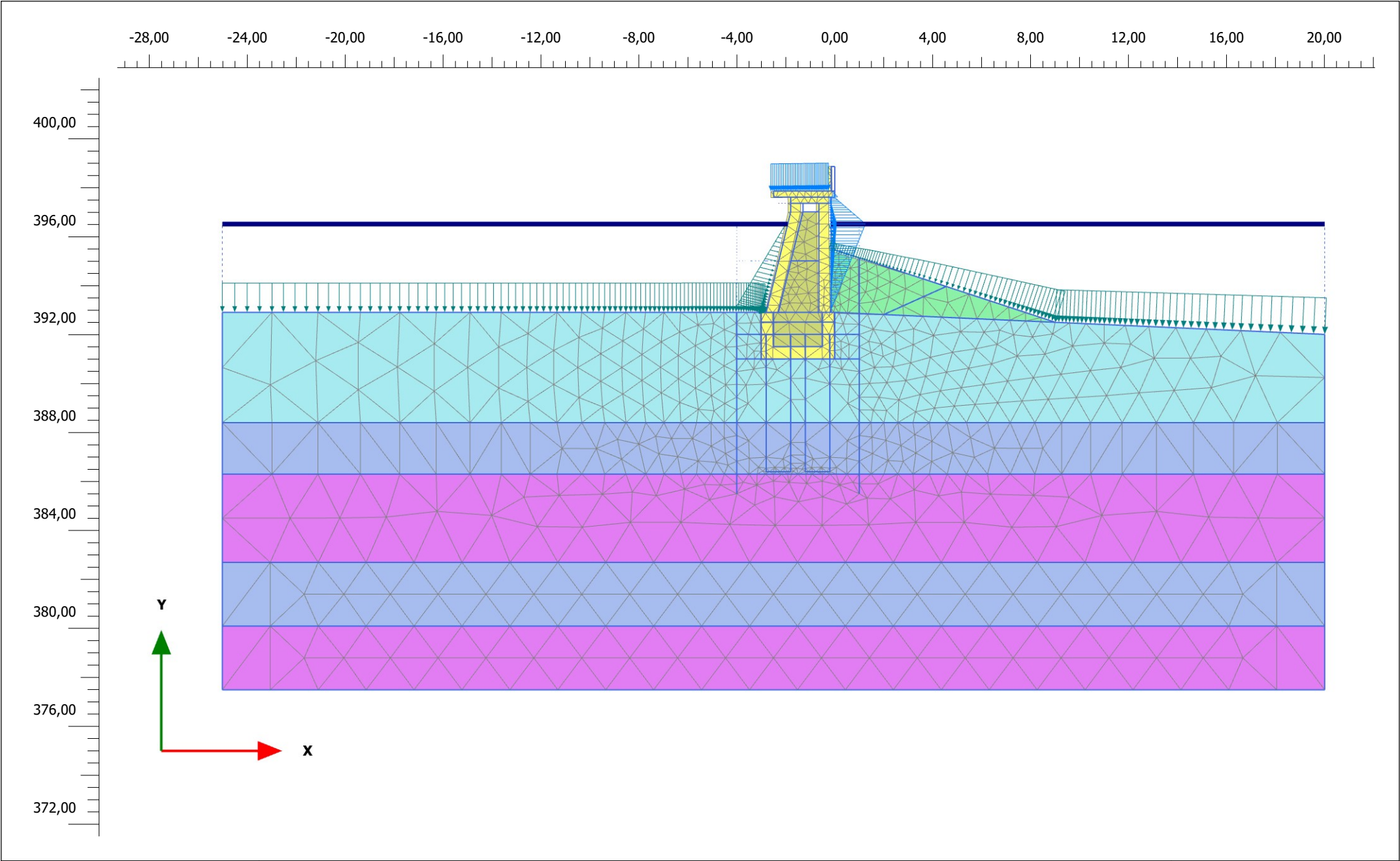
$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$$

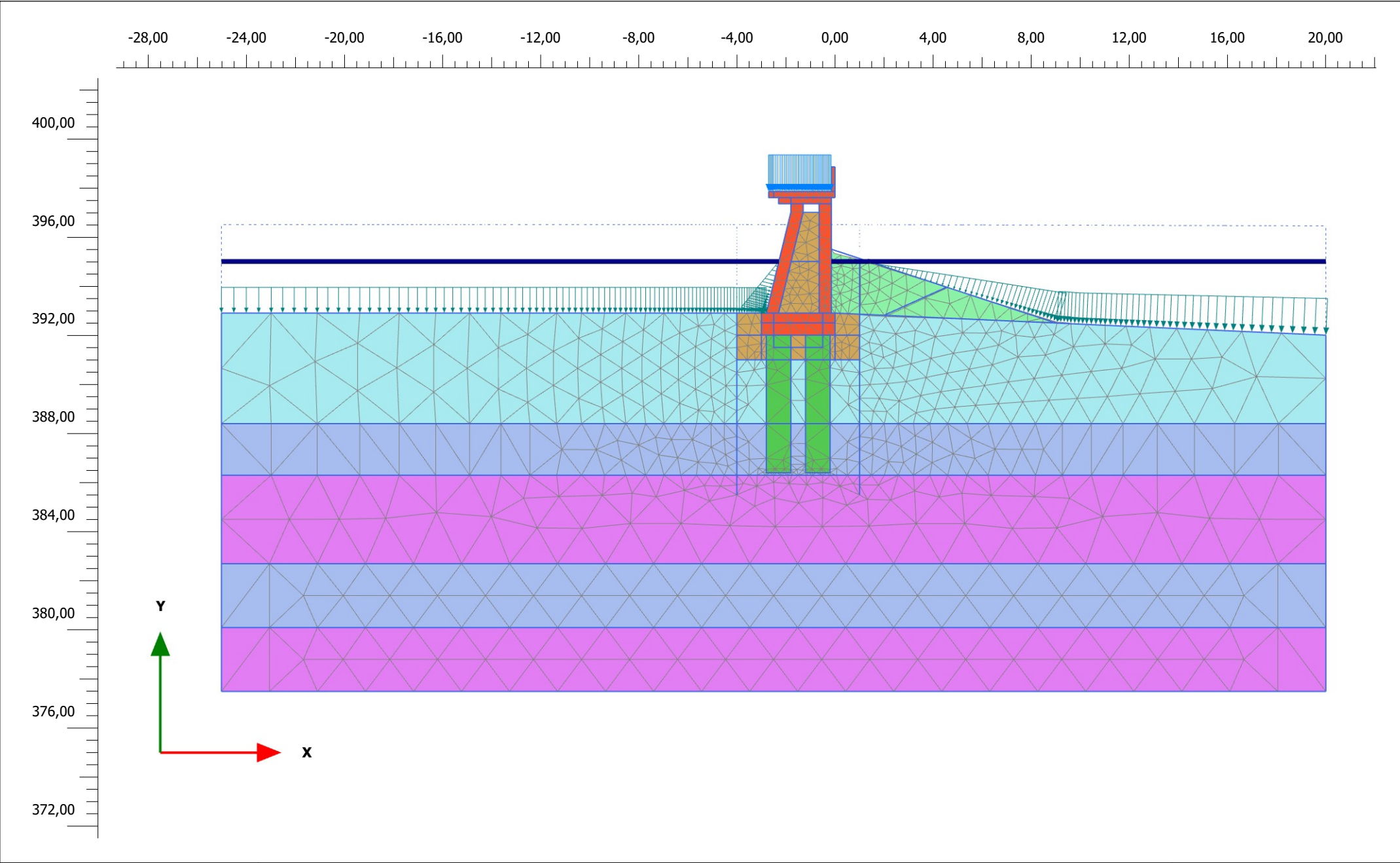
R_k = Charakteristischer Wert des Pfahlwiderstands

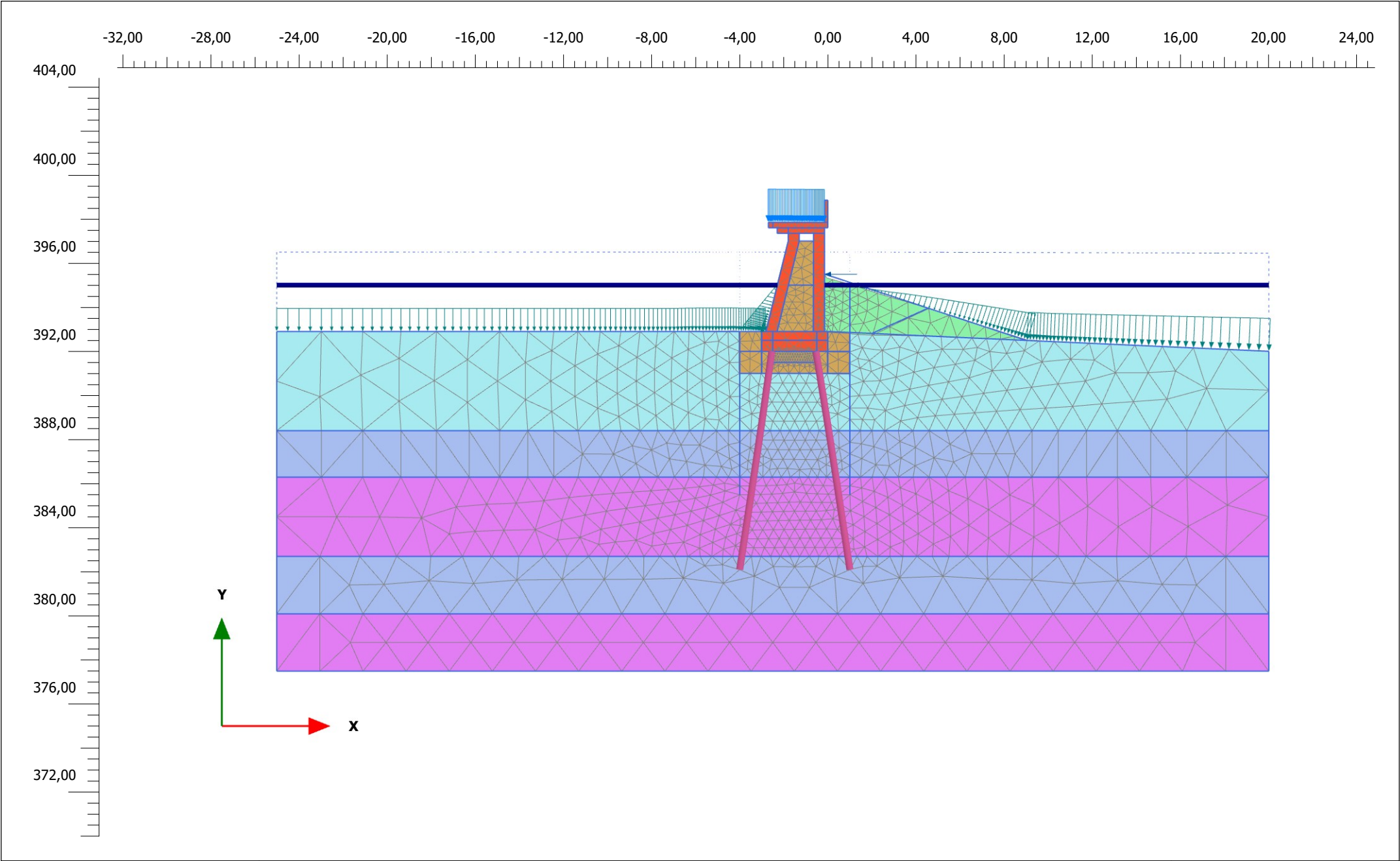
R_d = Bemessungswert des Pfahlwiderstands

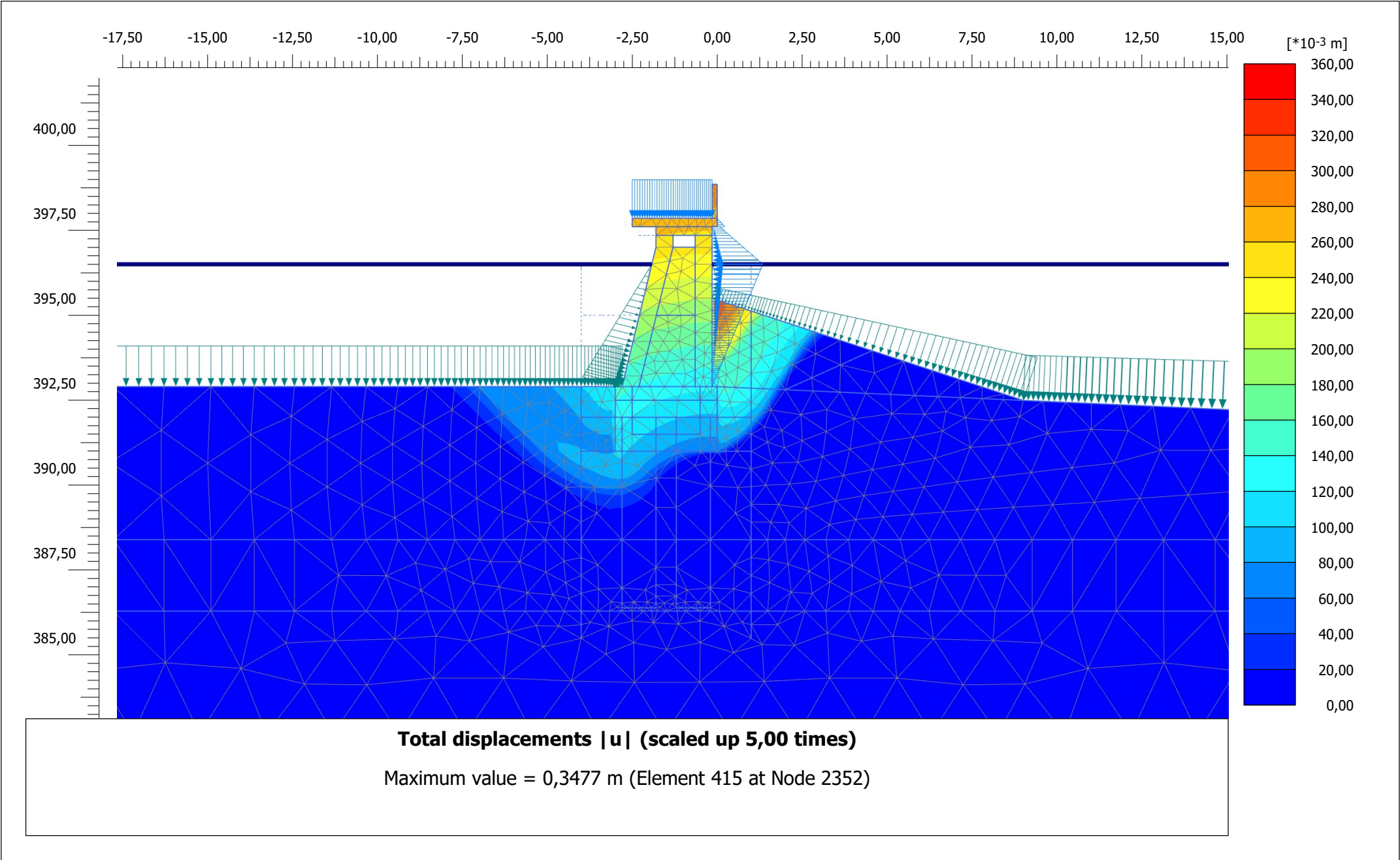
$R_{E,k}$ = Pfahlwiderstand bei char. Einwirkung E_k ($R_{E,k} = E_k$)

s = Setzung bei char. Einwirkung E_k









Project description : Gondelhafen_Mole_Planung2_converted
 Company : MORÄNE GMBH
 Project filename : Gondelhafen_Mole_Planung2_converted
 Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 10.02.2026

Page : 1

Step info

Phase Standsicherheit [Phase_8]
 Step Initial
 Calculation mode Classical mode
 Step type Safety
 Updated mesh False
 Solver type Pardiso
 Extrapolation factor 2,000
 Relative stiffness 0,1981E-3

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	1,104E-3	ΣM_{sf}	1,154
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

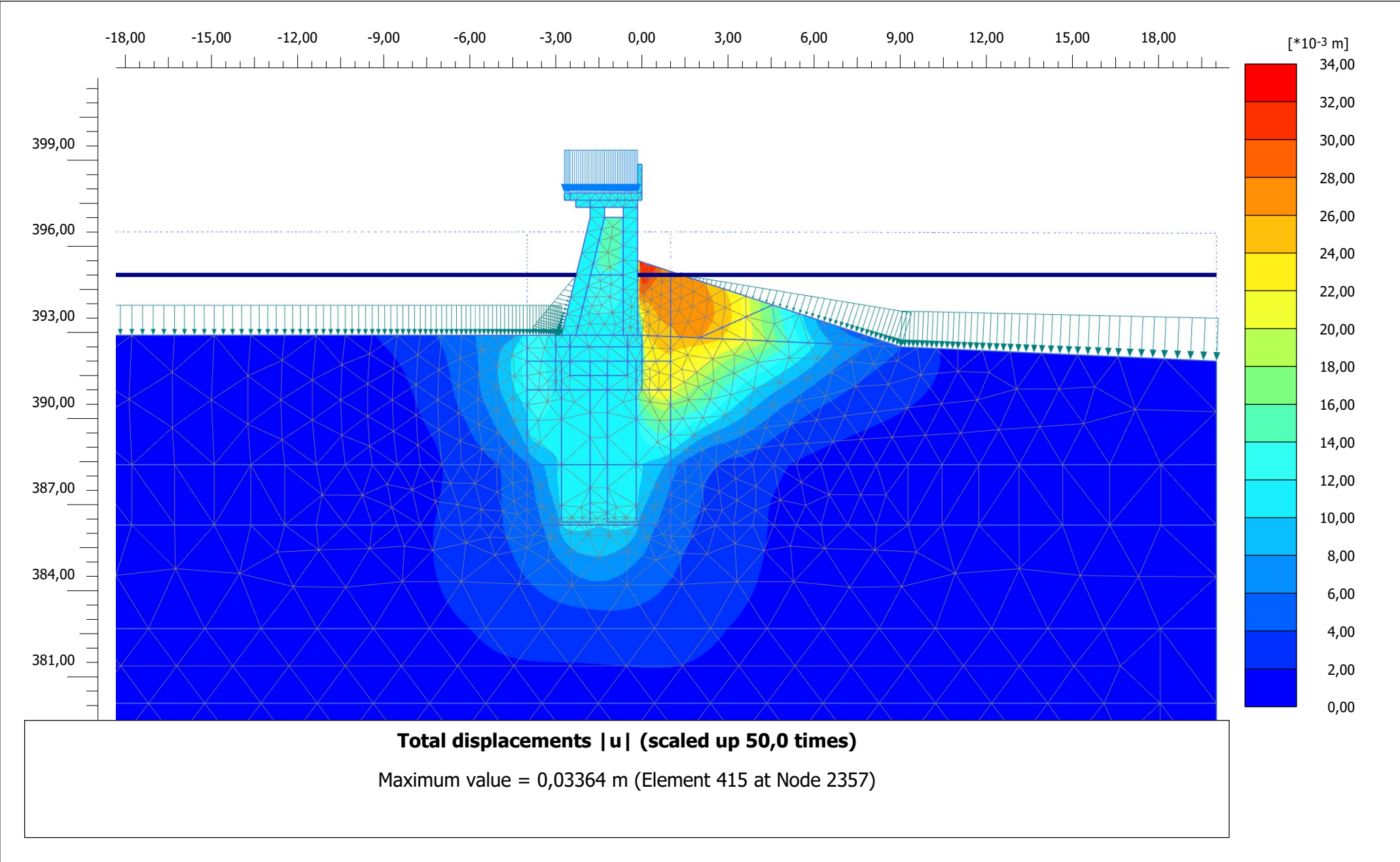
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8240
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

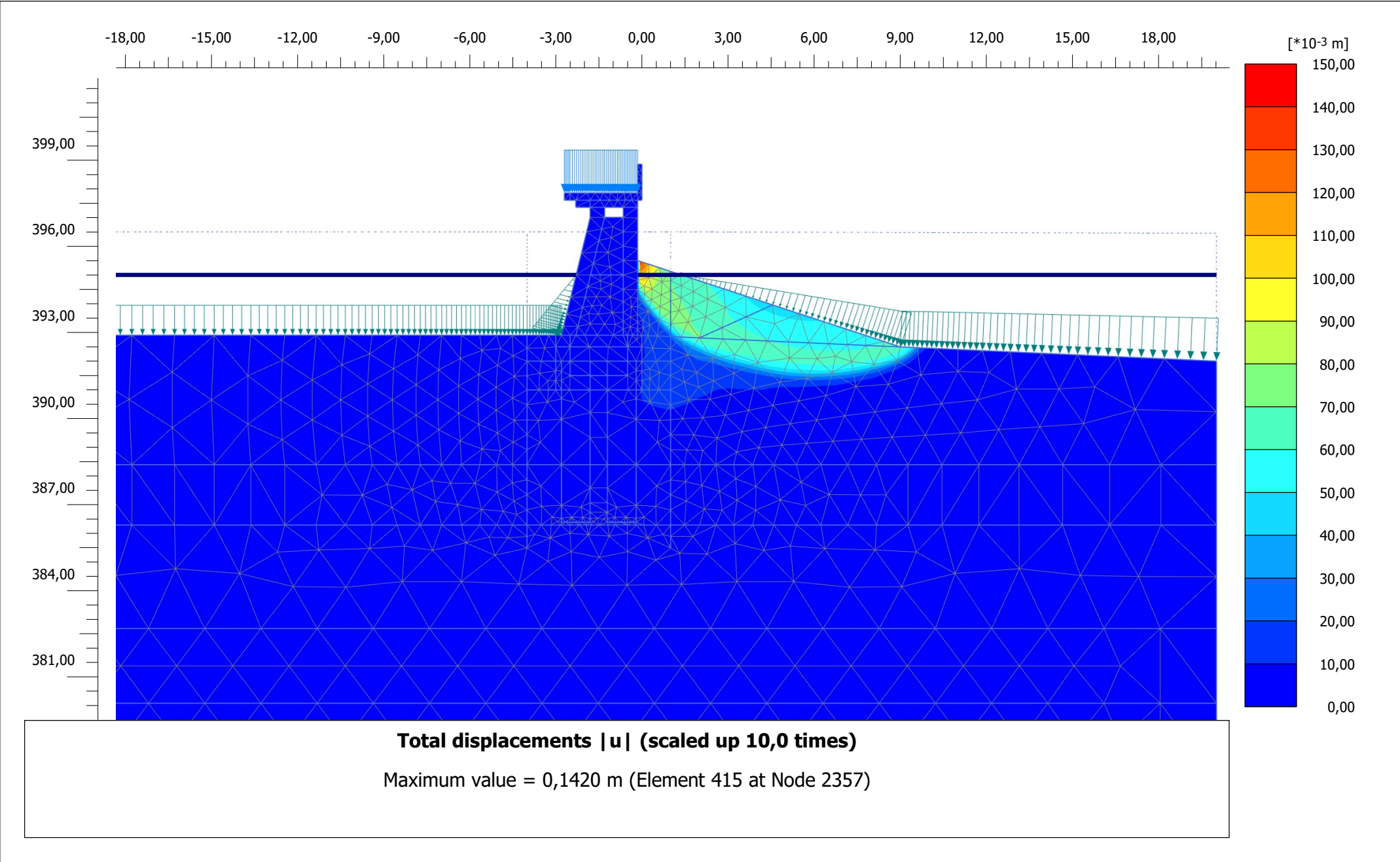
Forces

F_X 0,000 kN/m
 F_Y 0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$ 0,000 kN/m²





Project description : Gondelhafen_Mole_Planung2_converted
 Company : MORÄNE GMBH
 Project filename : Gondelhafen_Mole_Planung2_converted
 Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 10.02.2026

Page : 1

Step info

Phase Standsicherheit [Phase_16]
 Step Initial
 Calculation mode Classical mode
 Step type Safety
 Updated mesh False
 Solver type Pardiso
 Extrapolation factor 2,000
 Relative stiffness 0,8586E-6

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,3130E-3	ΣM_{sf}	1,662
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

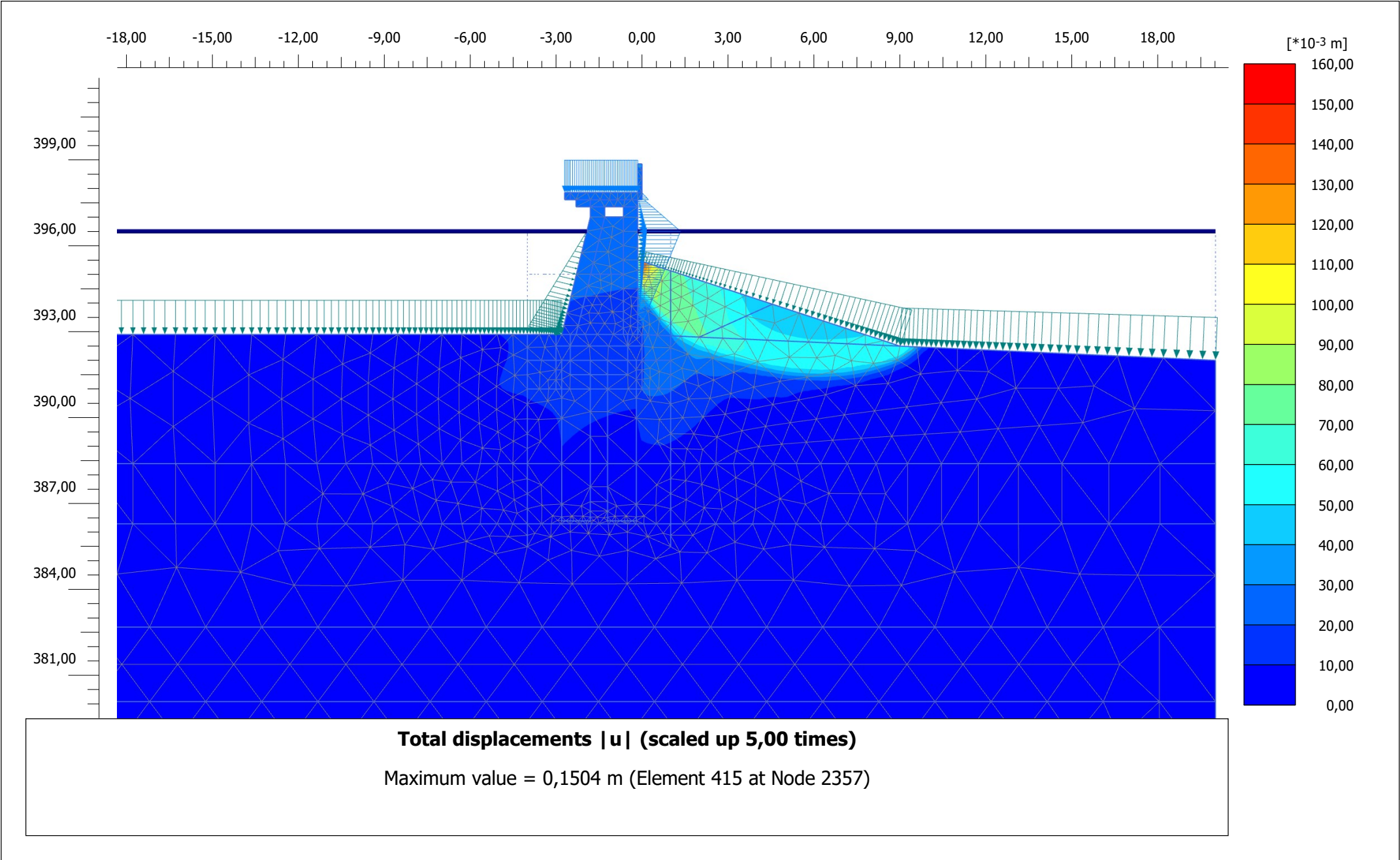
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8242
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

Forces

F_X 0,000 kN/m
 F_Y 0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$ 0,000 kN/m²



Project description : Gondelhafen_Mole_Planung2_converted
 Company : MORÄNE GMBH
 Project filename : Gondelhafen_Mole_Planung2_converted
 Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 10.02.2026

Page : 1

Step info

Phase Standsicherheit [Phase_19]
 Step Initial
 Calculation mode Classical mode
 Step type Safety
 Updated mesh False
 Solver type Pardiso
 Extrapolation factor 0,5000
 Relative stiffness 4,698E-6

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	-0,06175E-3	ΣM_{sf}	1,712
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

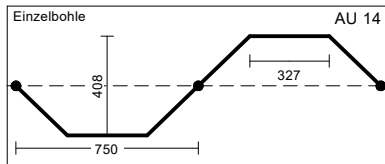
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8242
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

Forces

F_X 0,000 kN/m
 F_Y 0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$ 0,000 kN/m²



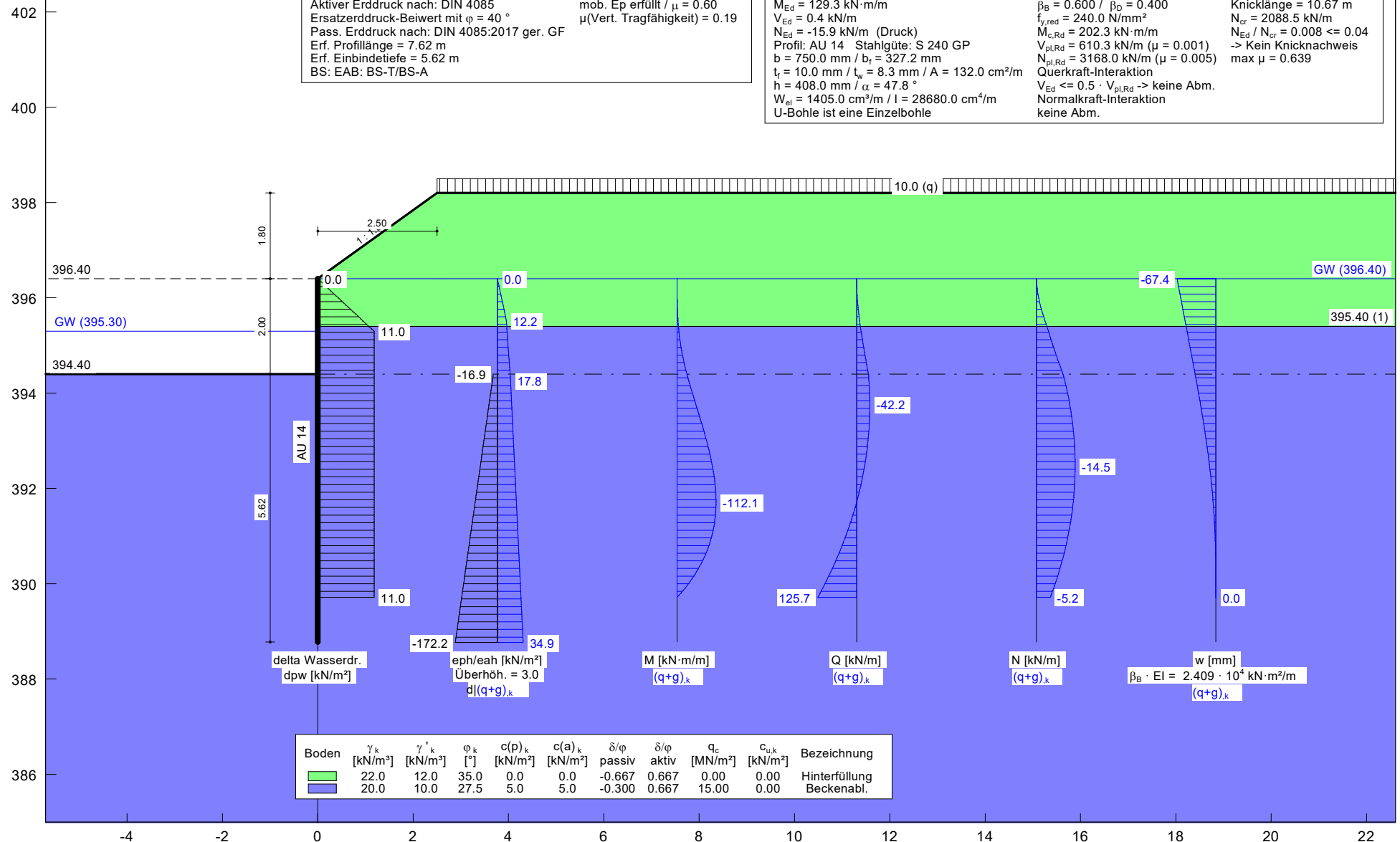
Norm: EC 7
Spundwand
AU 14
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit $\varphi = 40^\circ$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
Erf. Profillänge = 7.62 m
Erf. Einbindetiefe = 5.62 m
BS: EAB: BS-T/BS-A

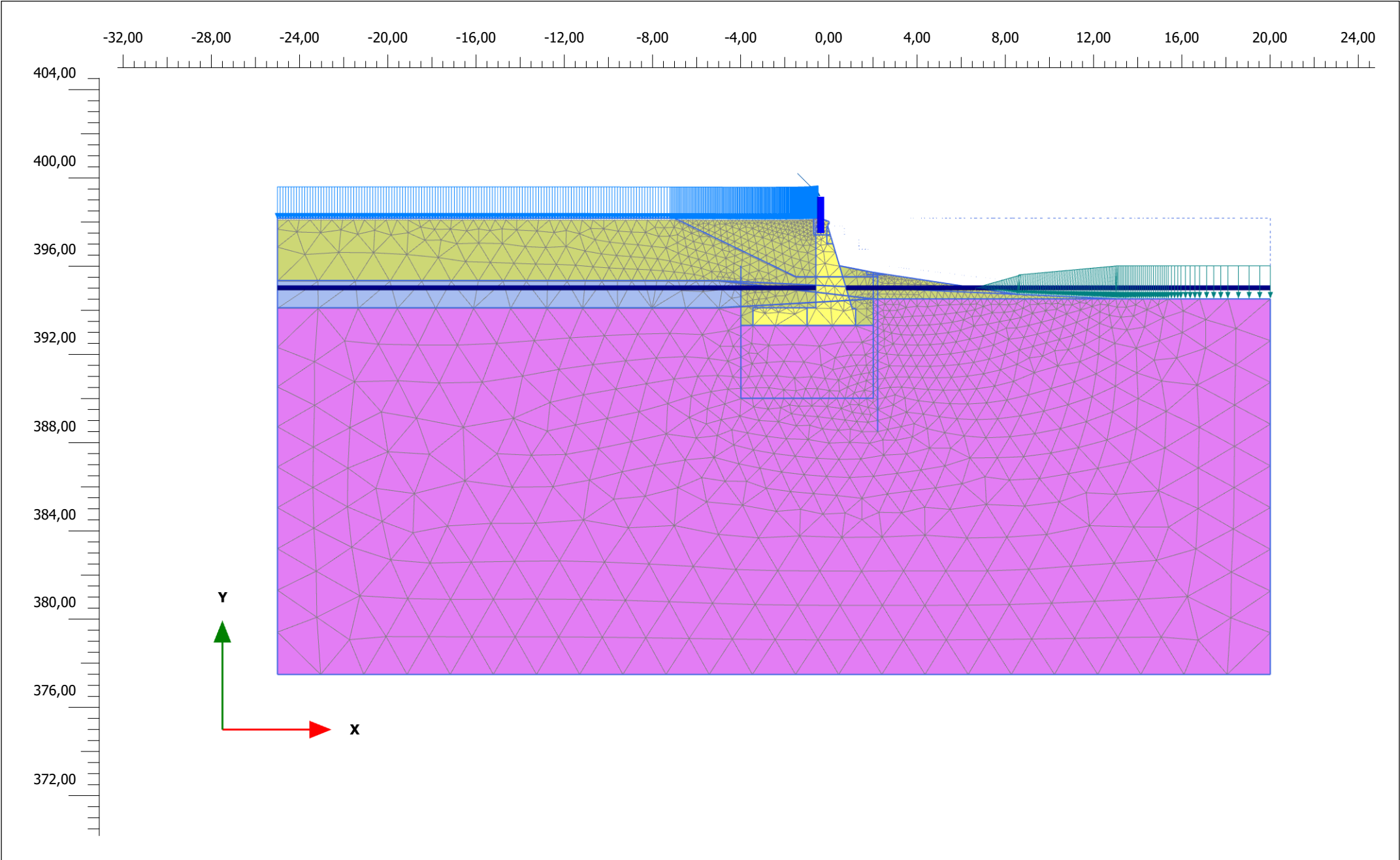
$\gamma_G = 1.15$
 $\gamma_Q = 1.20$
 $\gamma_{Ep} = 1.25$
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.60$
 $\mu(\text{Vert. Tragfähigkeit}) = 0.19$

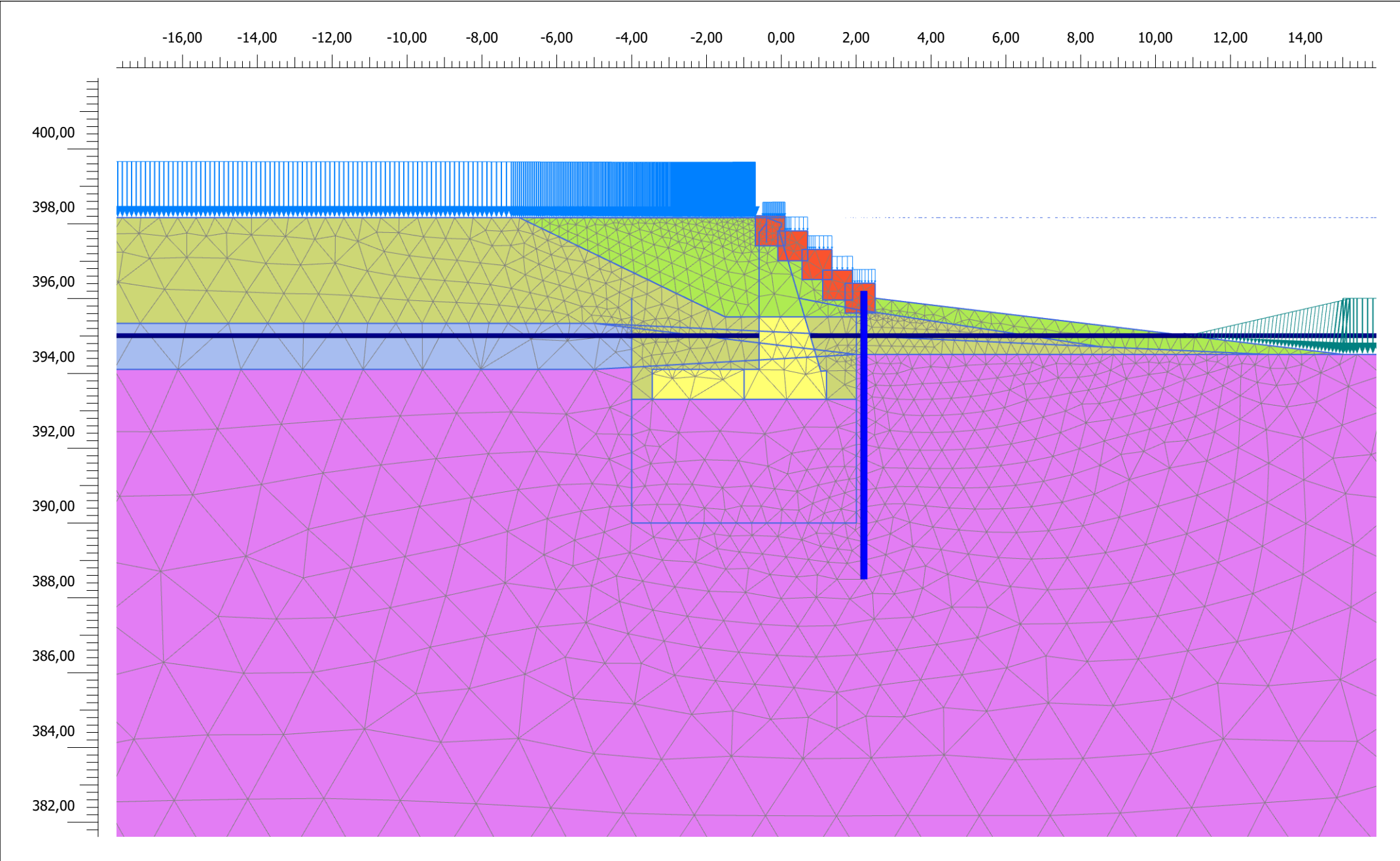
Bemessung:
Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
Bemessungssituation: max M,qg
 $M_{Ed} = 129.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -15.9 \text{ kN/m}$ (Druck)
Profil: AU 14 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 750.0 \text{ mm}$ / $b_t = 327.2 \text{ mm}$
 $t_f = 10.0 \text{ mm}$ / $t_w = 8.3 \text{ mm}$ / $A = 132.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 408.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 47.8^\circ$
 $W_{el} = 1405.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 28680.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Einzelbohle

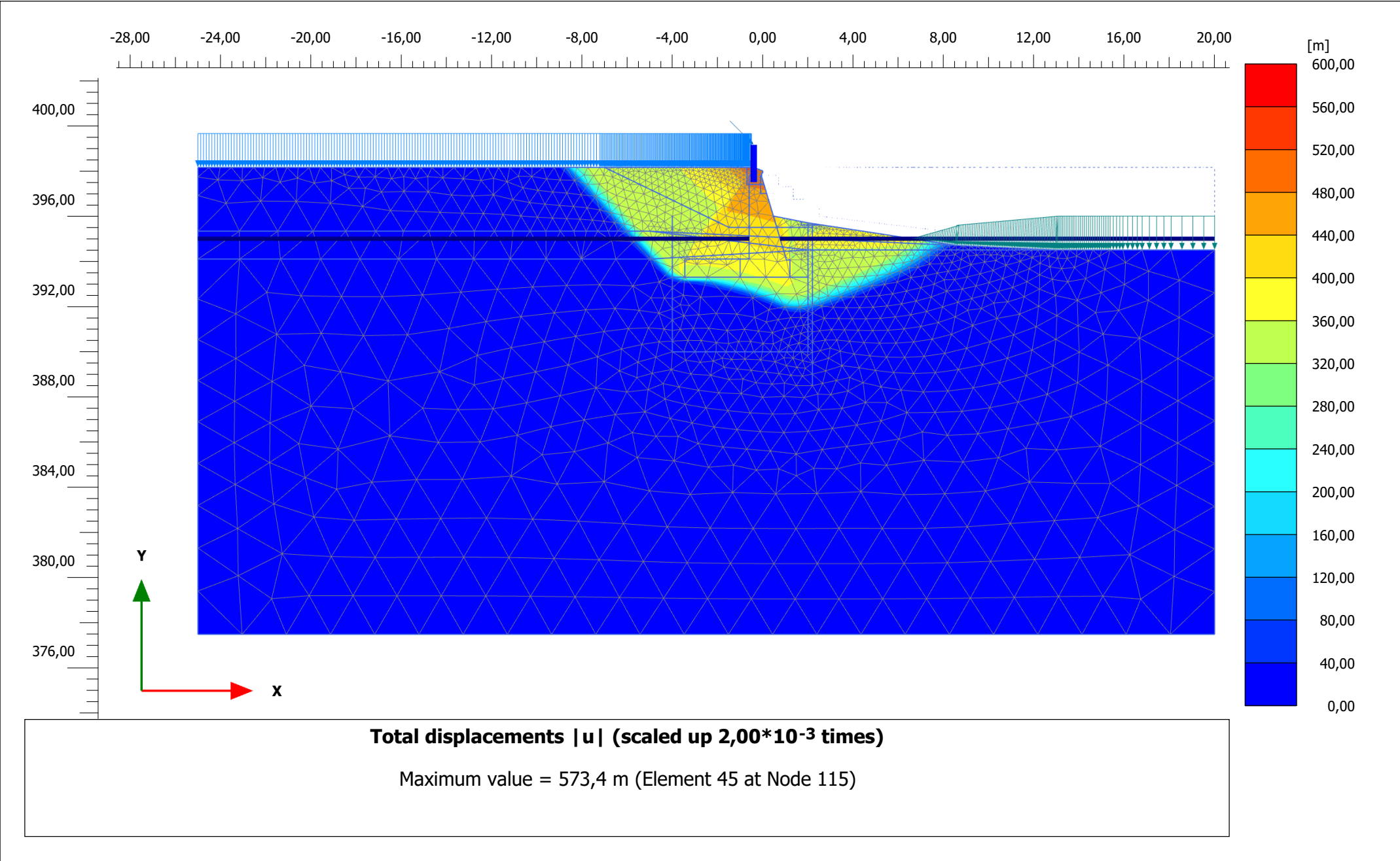
$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 33.1$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.600$ / $\beta_D = 0.400$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 202.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 610.3 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 $N_{pl,Rd} = 3168.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 202.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.639$
Knicklänge = 10.67 m
 $N_{cr} = 2088.5 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.008 \leq 0.04$
 $\rightarrow$ Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.639$









Project description : Uferpark Ost_Seeterrassen_converted
 Company : MORÄNE GMBH
 Project filename : Uferpark Ost_Seeterrassen_converted
 Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 11.02.2026

Page : 1

Step info

Phase	Standsicherheit [Phase_5]
Step	Initial
Calculation mode	Classical mode
Step type	Safety
Updated mesh	False
Solver type	Pardiso
Extrapolation factor	1,000
Relative stiffness	1,870E-9

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,1147E-3	ΣM_{sf}	2,235
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

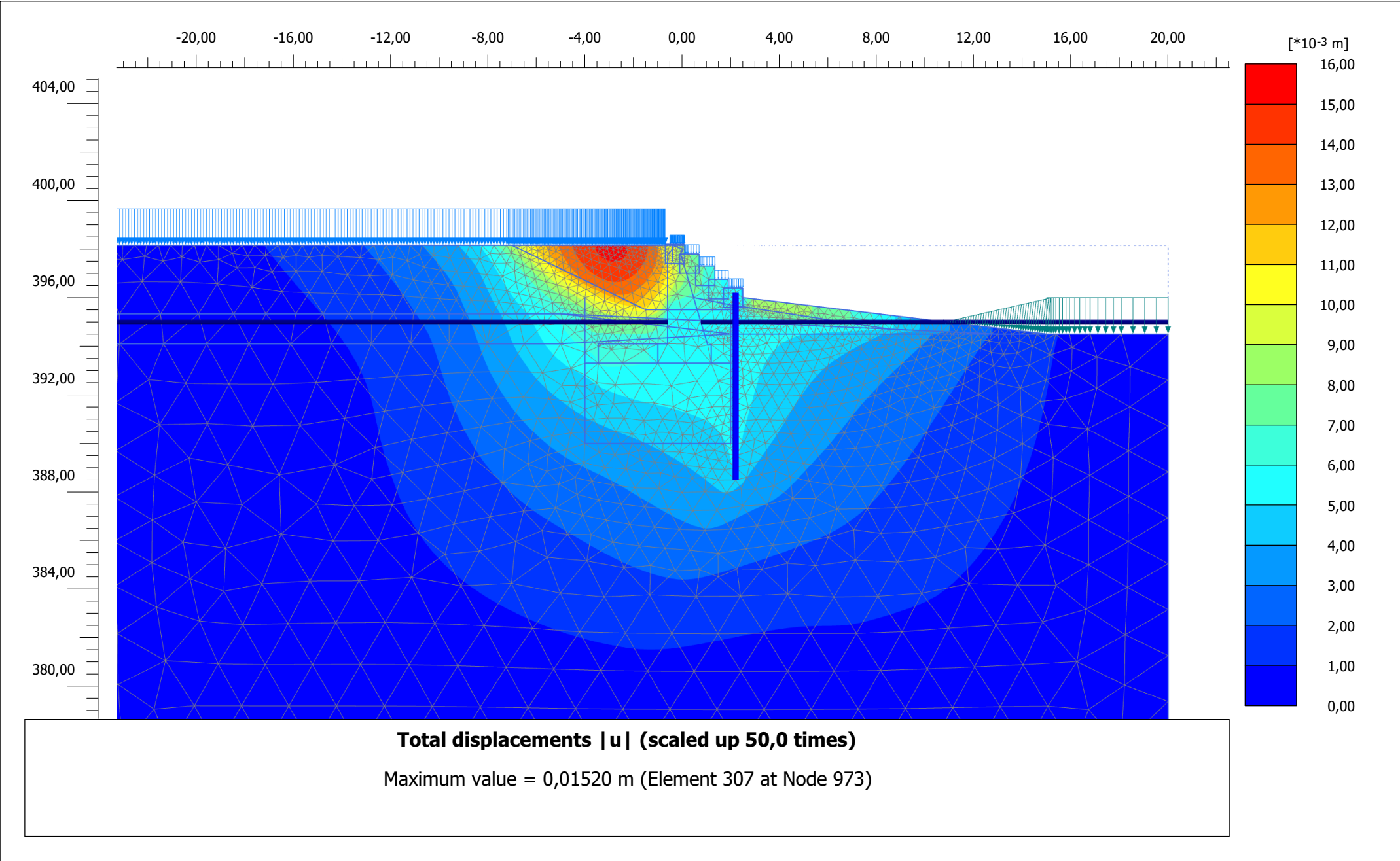
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9302
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

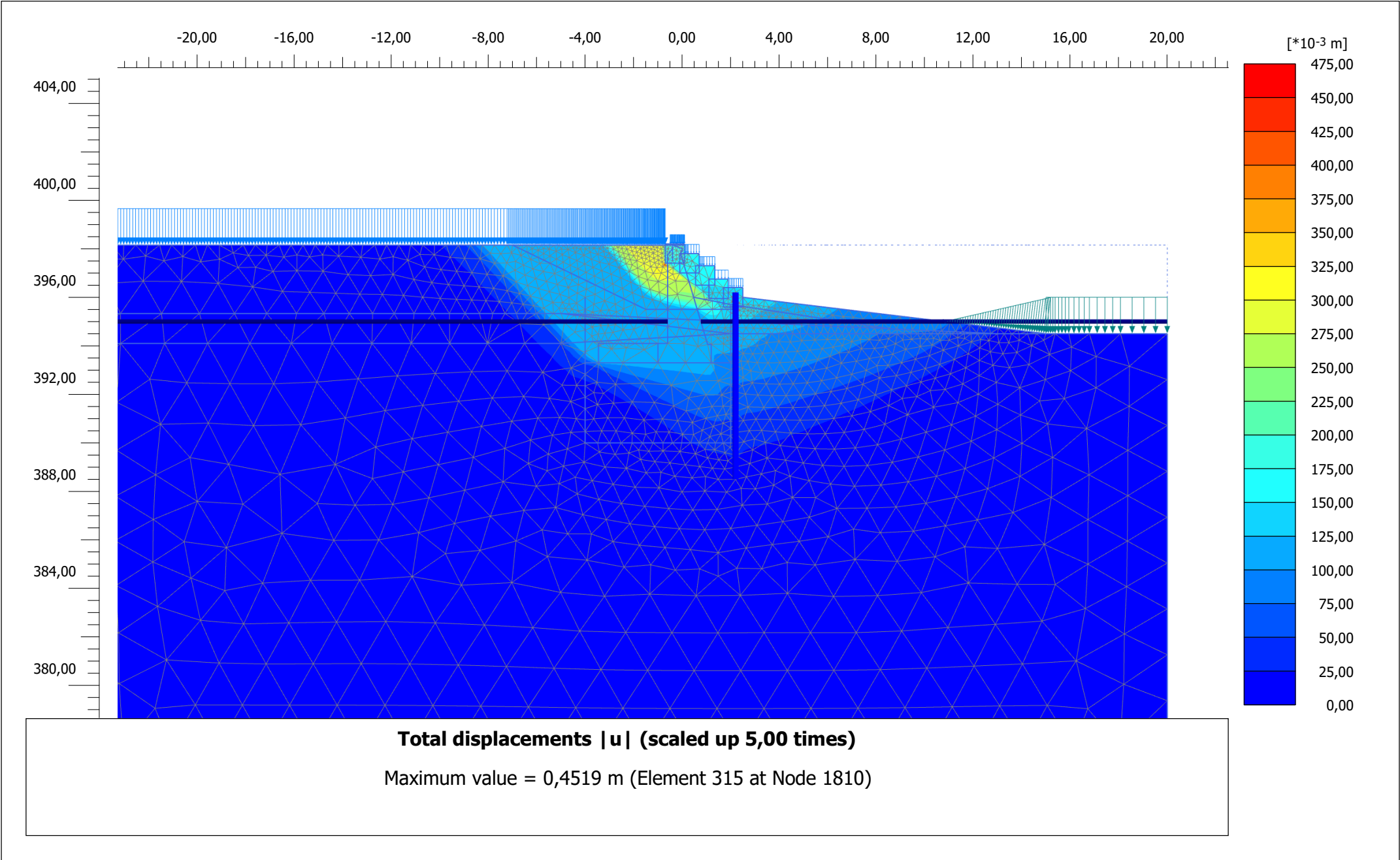
Forces

F_X	0,000 kN/m
F_Y	0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$	0,000 kN/m ²
----------------------------------	-------------------------





Project description : Uferpark Ost_Seeterrassen_converted
 Company : MORÄNE GMBH
 Project filename : Uferpark Ost_Seeterrassen_converted
 Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 11.02.2026

Page : 1

Step info

Phase Standsicherheit [Phase_11]
 Step Initial
 Calculation mode Classical mode
 Step type Safety
 Updated mesh False
 Solver type Pardiso
 Extrapolation factor 2,000
 Relative stiffness 3,851E-6

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	1,956E-3	ΣM_{sf}	2,937
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

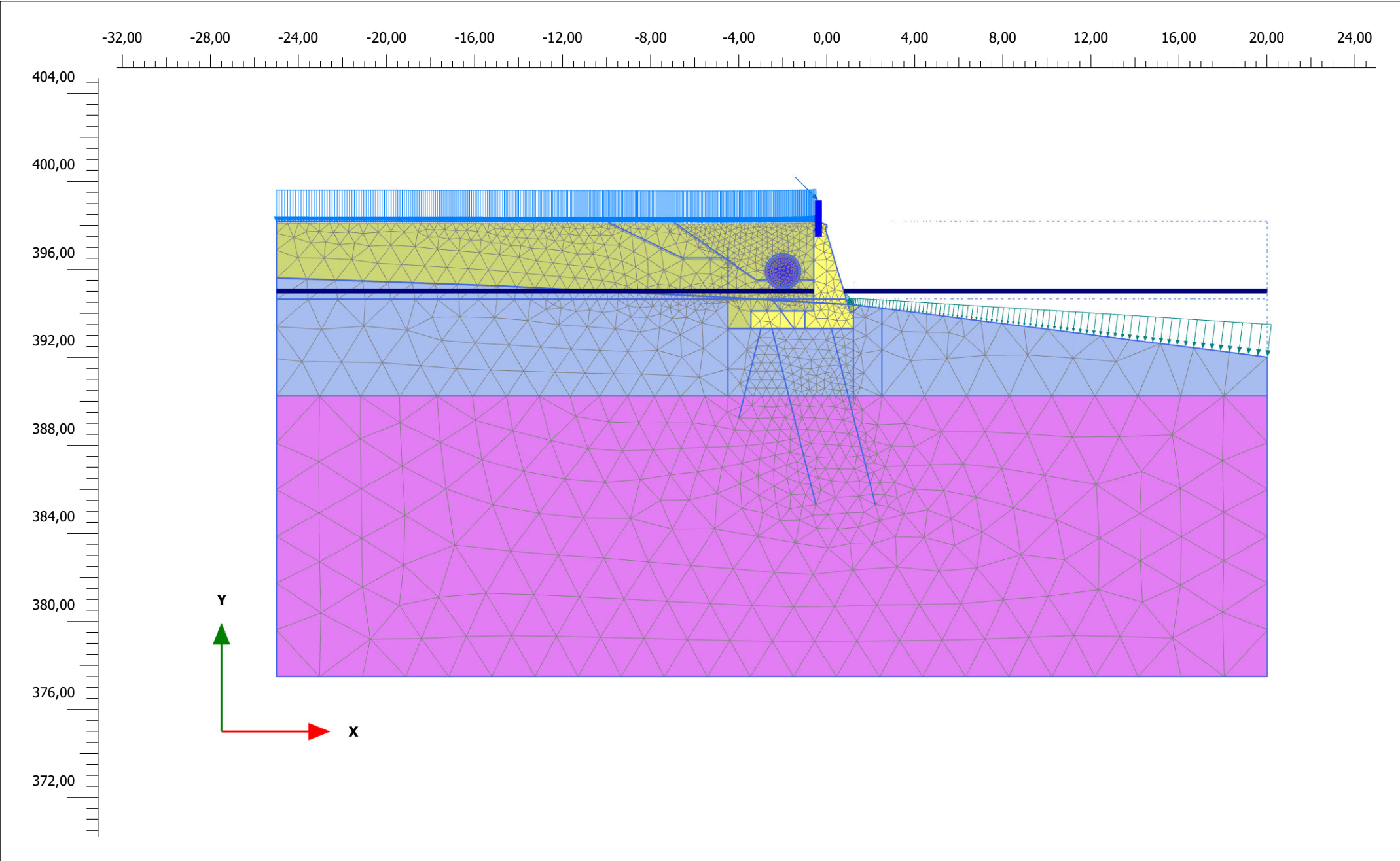
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9386
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

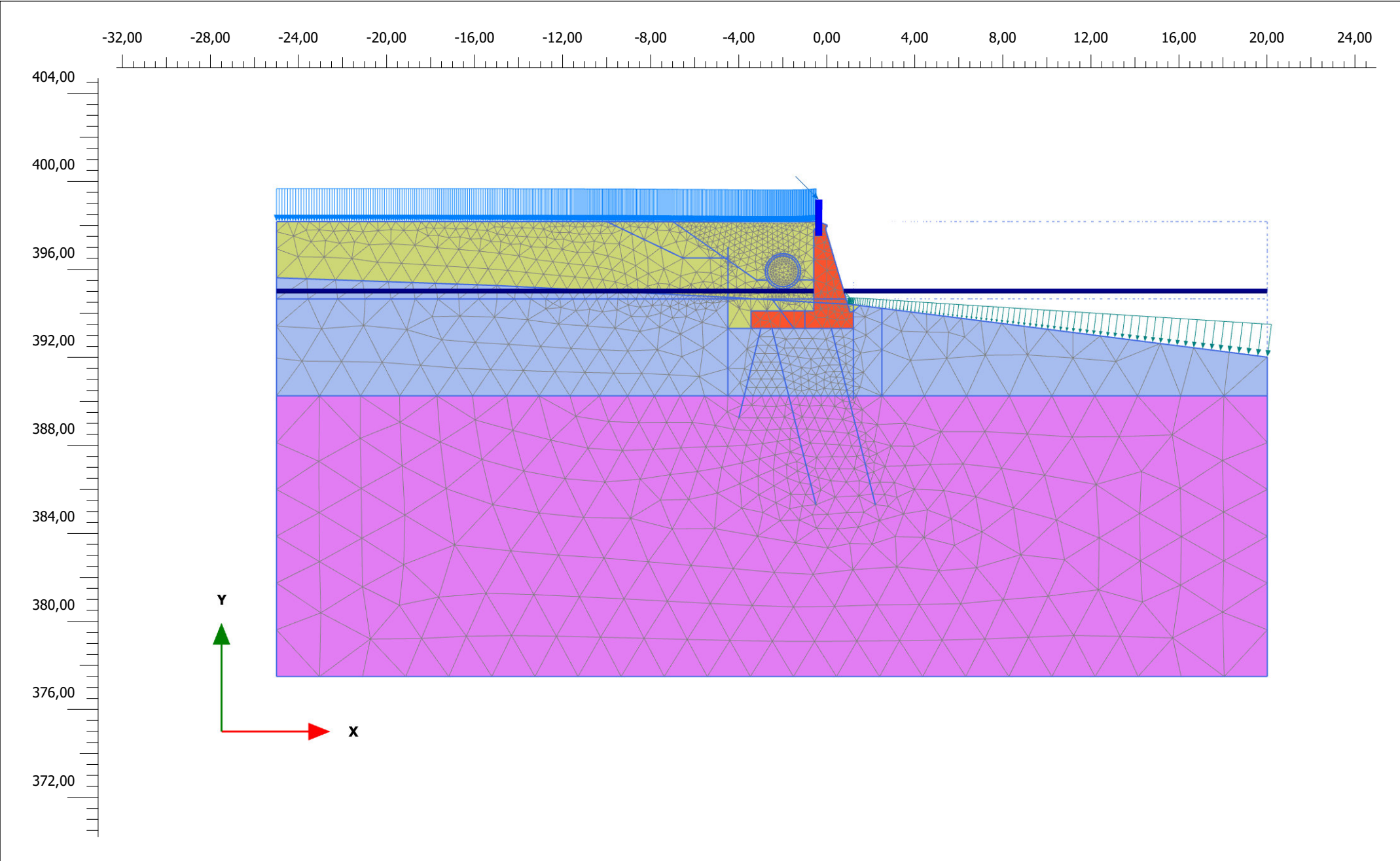
Forces

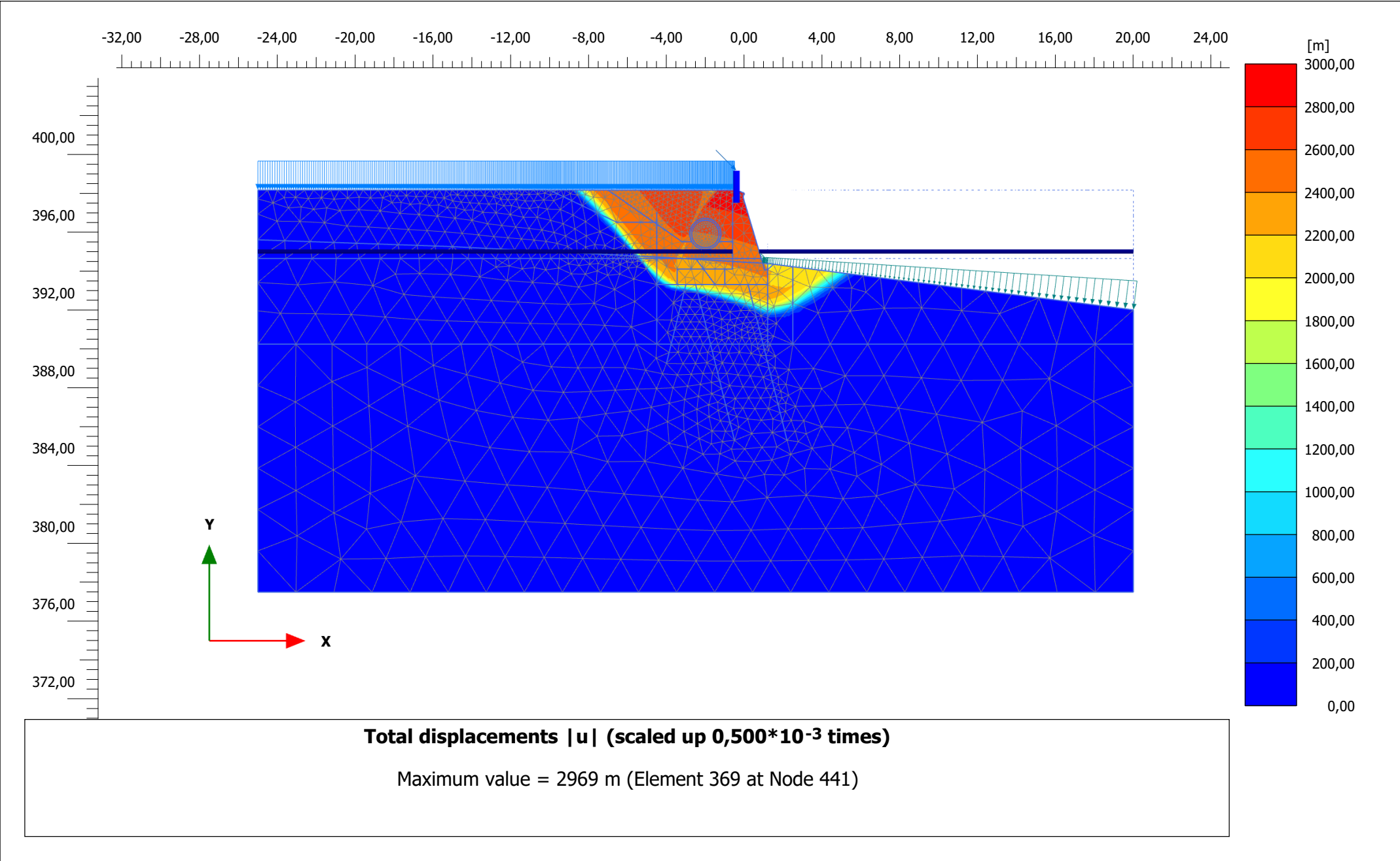
F_X 0,000 kN/m
 F_Y 0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$ 0,000 kN/m²







Project description : Uferpark West_converted
Company : MORÄNE GMBH
Project filename : Uferpark West_converted
Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 11.02.2026

Page : 1

Step info

Phase	Standsicherheit [Phase_14]
Step	Initial
Calculation mode	Classical mode
Step type	Safety
Updated mesh	False
Solver type	Pardiso
Extrapolation factor	1,000
Relative stiffness	0,2334E-9

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	1,755E-3	ΣM_{sf}	1,360
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

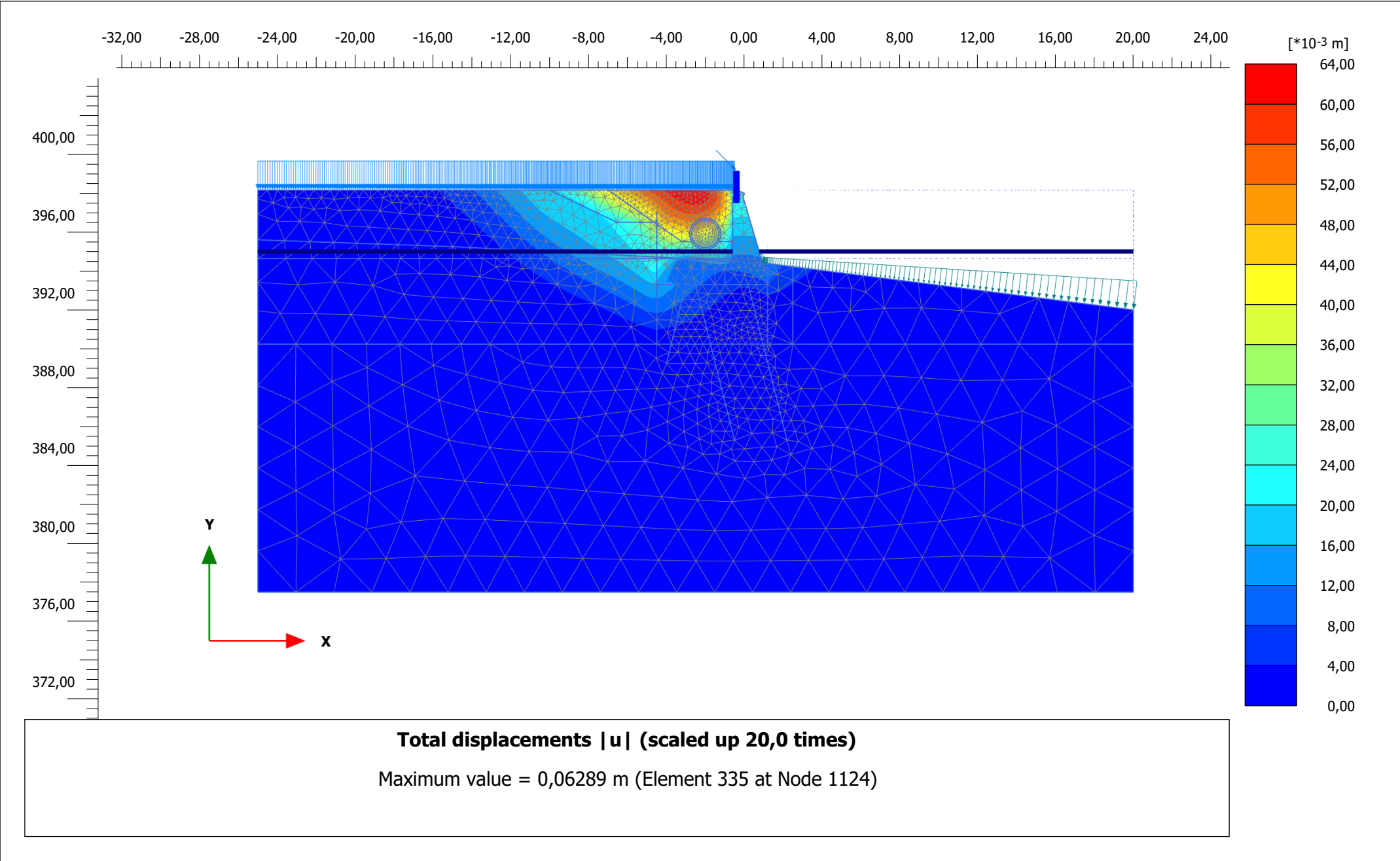
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8964
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

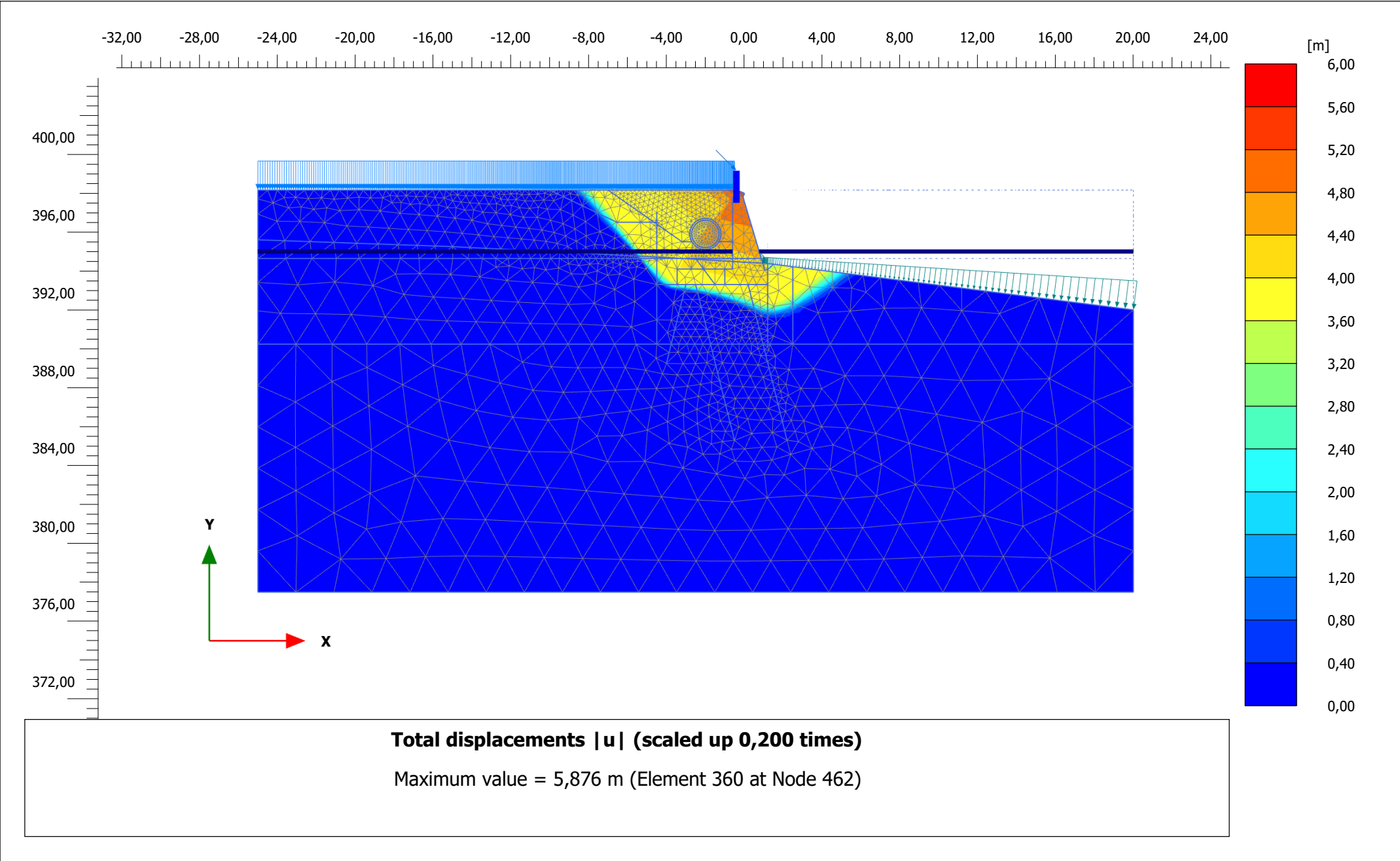
Forces

F_X	0,000 kN/m
F_Y	0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$	0,000 kN/m ²
----------------------------------	-------------------------





Project description : Uferpark West_converted
 Company : MORÄNE GMBH
 Project filename : Uferpark West_converted
 Output : Calculation information

Output Version 2025.1.1.9

Date : 11.02.2026

Page : 1

Step info

Phase	Standsicherheit [Phase_23]
Step	Initial
Calculation mode	Classical mode
Step type	Safety
Updated mesh	False
Solver type	Pardiso
Extrapolation factor	0,5000
Relative stiffness	0,03056E-6

Multipliers

Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	-0,1512E-3	ΣM_{sf}	1,356
Time	Increment	0,000	End time	0,000

Staged construction

Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8964
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

Forces

F_X	0,000 kN/m
F_Y	0,000 kN/m

Consolidation

Realised $P_{\text{Excess,Max}}$	0,000 kN/m ²
----------------------------------	-------------------------

	Setzungen [mm]		Horizontal [mm]		Summe Betrag [mm]	
	Planung	Planung 2	Planung	Planung 2	Planung	Planung 2
Fundament	0,7	1,4	0,0	0,0	0,7	1,4
Mole neu	10,8	8,5	-13,8	-1,4	17,9	10,1
V-Last	0,6	1,0	0,0	-0,1	18,3	11,1
Wellenschlag	1,7	2,0	-4,2	-5,0	5,7	6,1
	13,8	12,9	-18,0	-6,5		
Pfahllast max	380 kN	a =		2 m	Pfahllänge erf.	10,5 m
Brunnenlast max	214,5 kN/m 643,5 kN	a = je Brunnen		3 m	erf. Gründungsebene Brunnentiefe	386,4 m NHH 6 m
Molenlänge	160,0 m					
Mole	130,0 m					
Bauwerk neben Slipanlage	30,0 m					
Verbau						
Spundwand	10,0 m					
Fläche	3.320,0 m ²		120 €/m ²		398.400 €	673.700 €
Vorbohren	2.490,0 m ²		30 €/m ²		74.700 €	
BE					20.000 €	
Ponton	2,0 Stk		50.000 €		100.000 €	
Gurtung	320,0 m		100 €/m ²		32.000 €	
Aussteifung	27,0 Stk		1.800 €/stk		48.600 €	
Rückbau Wasserbausteine	2.000,0 m ³		100 €/m ³		200.000 €	200.000 €
Wasserhaltung 9 Monate						
BE					10.000 €	97.100 €
Filterschicht 0,25 m	432,0 to		40 €/to		17.280 €	
Entspannungsbrunnen 2x2 m	960,0 lfm		40 €/m		38.400 €	
Absetzbecken	1,0 Psch		1500 €/stk		1.500 €	
Vorhalten	40,0 Wochen		100 €/Wo		4.000 €	
Pumpen 10 kW (2 Stück)	64.800,0 kWh		0,4 €/kWh		25.920 €	
Auffüllungen Mole	10 m ³ /m					
Aushub Baugrube	4 m ³ /m					
Entsorgung Auffüllungen	2.240,0 m ³		35 €/to		169.344 €	169.344 €
Abbruch Mole						
BE	1 Psch				15.000 €	247.320 €
Volumen Mole	8,2 m ³ /m					
Masse Mole	20,5 to/m					
mit Sägeschnitt	1.312,0 m ³		110 €/m ³		144.320 €	
Entsorgung Beton	3.280,0 to		25 €/to		82.000 €	
Baggermatratzen	30 lfm		200 €/lfm		6.000 €	
Bodenersatz/Arbeitsraumverfüllung	7 m ³ /m					
Volumen	1.120,0 m ³		70 €/m ³		78.400 €	78.400 €
Pfähle						
Anzahl Pfähle	162,0 Stk					
Pfahlmeter	1.701,0 m		160 €/m		272.160 €	291.250 €
BE					10.000 €	
Aushub	120,2 m ³					
Entsorgung			35 €/to		9.090 €	
Brunnengründung						
Anzahl Brunnen	108,0 Stk					
Brunnenmeter	648,0 m					
Brunnendurchmesser	1,2 m					
Betonvolumen	806,2 m ³		250 €/m ³		201.539 €	298.405 €
"Bohren"			40 €/m		25.920 €	
BE					10.000 €	
Aushubentsorgung			35 €/to		60.946 €	
Mole neu	8,7 m ³ /m					
Stahlbeton	1.392,0 m ³		600 €/m ³		835.200 €	1.135.200 €
Kran	2 Stk		50.000 €/stk		100.000 €	
Wasserbausteine Anschütten	2.000,0 m ³		100 €/m ³		200.000 €	
Planung	1 Stk		25%			723.078 €
Unvorhergesehenes	1 Psch		10%			289.231 €
					Variante Pfähle	3.904.624 €
					Variante Brunnen	3.911.779 €

Länge Seeterrasse	150,0 m			
Aushub Baugrube				
Voraushub	9 m ³ /m			
Entsorgung Auffüllungen	1.350,0 m ³	35 €/to	102.060 €	102.060 €
Teil-Abbruch Ufermauer 395,5 m NHN				
BE	1 Psch		20.000 €	77.188 €
Volumen Ufermauer	2,5 m ³ /m			
Masse Ufermauer	6,25 to/m			
	375,0 m ³	90 €/m ³	33.750 €	
Abbruch Ufermauer				
Entsorgung Beton	937,5 to	25 €/to	23.438 €	
Bodenersatz/Arbeitsraumverfüllung				
	12 m ³ /m			
Volumen	1.800,0 m ³	70 €/m ³	126.000 €	126.000 €
Gründung				
Spundwand	8,0 m			
Fläche	1.200,0 m ²	250 €/m ²	300.000 €	356.000 €
Vorbohren	1.200,0 m ²	30 €/m ²	36.000 €	
BE			20.000 €	
Planung	1 Stk	25%		165.312 €
Unvorhergesehenes	1 Psch	10%		82.656 €
Summe				909.215 €

Länge Ufermauer	125,0 m			
Verbau				
Spundwand	6,0 m			
Fläche	1.530,0 m ²	140 €/m ²	214.200 €	318.870 €
Vorbohren	889,0 m ²	30 €/m ²	26.670 €	
BE			20.000 €	
Gurtung	250,0 m	100 €/m ²	25.000 €	
Aussteifung	22,0 Stk	1.500 €/stk	33.000 €	
Wasserhaltung 9 Monate				
BE			10.000 €	74.130 €
Filterschicht 0,25 m	337,5 to	40 €/to	13.500 €	
Dränggraben	125,0 lfm	50 €/lfm	6.250 €	
Absetzbecken	1,0 Psch	1500 €/stk	1.500 €	
Vorhalten	40,0 Wochen	100 €/Wo	4.000 €	
Pumpen 15 kW (3 Stück)	97.200,0 kWh	0,4 €/kWh	38.880 €	
Aushub Baugrube				
Voraushub	10 m ³ /m			
Aushub Baugrube	11 m ³ /m			
Entsorgung Auffüllungen	2.625,0 m ³	35 €/to	198.450 €	198.450 €
Abbruch Ufermauer				
BE	1 Psch		20.000 €	282.031 €
Kran	2 Stk	50.000 €/stk	100.000 €	
Volumen Ufermauer	8,5 m ³ /m			
Masse Ufermauer	21,25 to/m			
	1.062,5 m ³	90 €/m ³	95.625 €	
Abbruch Ufermauer				
Entsorgung Beton	2.656,3 to	25 €/to	66.406 €	
Bodenersatz/Arbeitsraumverfüllung				
	21 m ³ /m			
Volumen	2.625,0 m ³	70 €/m ³	183.750 €	183.750 €
Ufermauer neu				
	8,5 m ³ /m			
Stahlbeton	1.062,5 m ³	600 €/m ³	637.500 €	637.500 €
Planung	1 Stk	25%		423.683 €
Unvorhergesehenes	1 Psch	10%		211.841 €
Summe				2.330.255 €