

- Baugrundgutachten
- Bodenmechanik
- Probenahmen
- Baustoffprüfungen
- Geologische und Hydrogeologische Untersuchungen
- Analysen
- Gefährdungsabschätzung
- Umweltberatung
- Geothermie
- Betontechnik

Zeichen: **23.038500.08**

Datum: 27.05.2024

Auftraggeber:	Stadt Mechernich Bergstraße 1 53894 Mechernich
Bauvorhaben:	Hochwasserschutz Glehn Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen 53894 Mechernich-Glehn, Aufm Allert (Lagebezeichnung) Gemarkung Glehn, Flur 39, Flurst. 11, 16, 17, 99
Planer:	Ingenieurbüro Fritz Spieth Beratende Ingenieure GmbH Josef-Ruhr-Str. 30 53879 Euskirchen
Gegenstand:	Baugrundgutachten
Datum der Untersuchungen:	26.10.2023

Der Bericht umfasst 32 Seiten und 7 Anlagen.

ABAG GmbH

Rotenbüschstr. 22 • 54533 Bettenfeld
Tel.: 06572 / 9325830 • Fax: 9325832
E-Mail: info@abag-gmbh.com
www.abag-gmbh.com

Geschäftsführer

Dipl.-Geol. Marcus Volker
Amtsgericht Wittlich • HRB 41377
Steuernr: 43/669/1409/7
Ust-ID: DE 169 804 347

Bankverbindung

Kreissparkasse Vulkaneifel
IBAN DE82 5865 1240 0000 1354 59
BIC MALADE 51DAU

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Anlagen	3
I Vorbemerkungen	4
I.1 Vorgang und Auftrag	4
I.2 Unterlagen	5
I.3 Karten und Datenquellen	5
I.4 Normen, technische Regelwerke und Rechtsverweise	5
II Bauvorhaben	9
III Untersuchungsumfang	10
III.1 Geländearbeiten	10
III.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	11
III.3 Umwelttechnische Laboruntersuchungen	11
IV Baugrundstück	11
IV.1 Geologischer und Hydrogeologischer Rahmen	11
IV.2 Georisiken	13
V Baugrundverhältnisse	14
V.1 Bodenschichten	14
V.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	15
V.3 Bewertung der Tragfähigkeit und Verdichtbarkeit	16
V.4 Beurteilung der Durchlässigkeit	17
V.5 Zusammenfassende Beschreibung	18
VI Geotechnische Kategorie, Homogenbereiche und Kennwerte	20
VI.1 Geotechnische Kategorie	20
VI.2 Kennwerte und Klassifikationen	20
VII Empfehlungen und Hinweise zur Bauausführung	23
VII.1 Bauhilfskonstruktionen	23
VII.2 Rückbau des vorhandenen Damms	25
VII.3 Durchlassbauwerk	26
VII.4 Wasserhaltung	27
VII.5 Erdbau	27
VIII Standsicherheitsnachweise	30
IX Abschließende Bemerkung	32

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Profile und Rammdiagramme
Anlage 3	Schichtenverzeichnisse
Anlage 4	Legende zu den Profildarstellungen
Anlage 5	Laborberichte bodenmechanische Untersuchungen
Anlage 6	Baugrundmodell
Anlage 7	Rechnerische Nachweise

I Vorbemerkungen

I.1 Vorgang und Auftrag

Im Zuge des Hochwasserschutzes für den Stadtteil Glehn, plant das Ingenieurbüro Franz Spieth für die Auftraggeberin, die Stadt Mechernich, den Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass am Lauberggraben in Mechernich-Glehn (vgl. Abbildung 1).

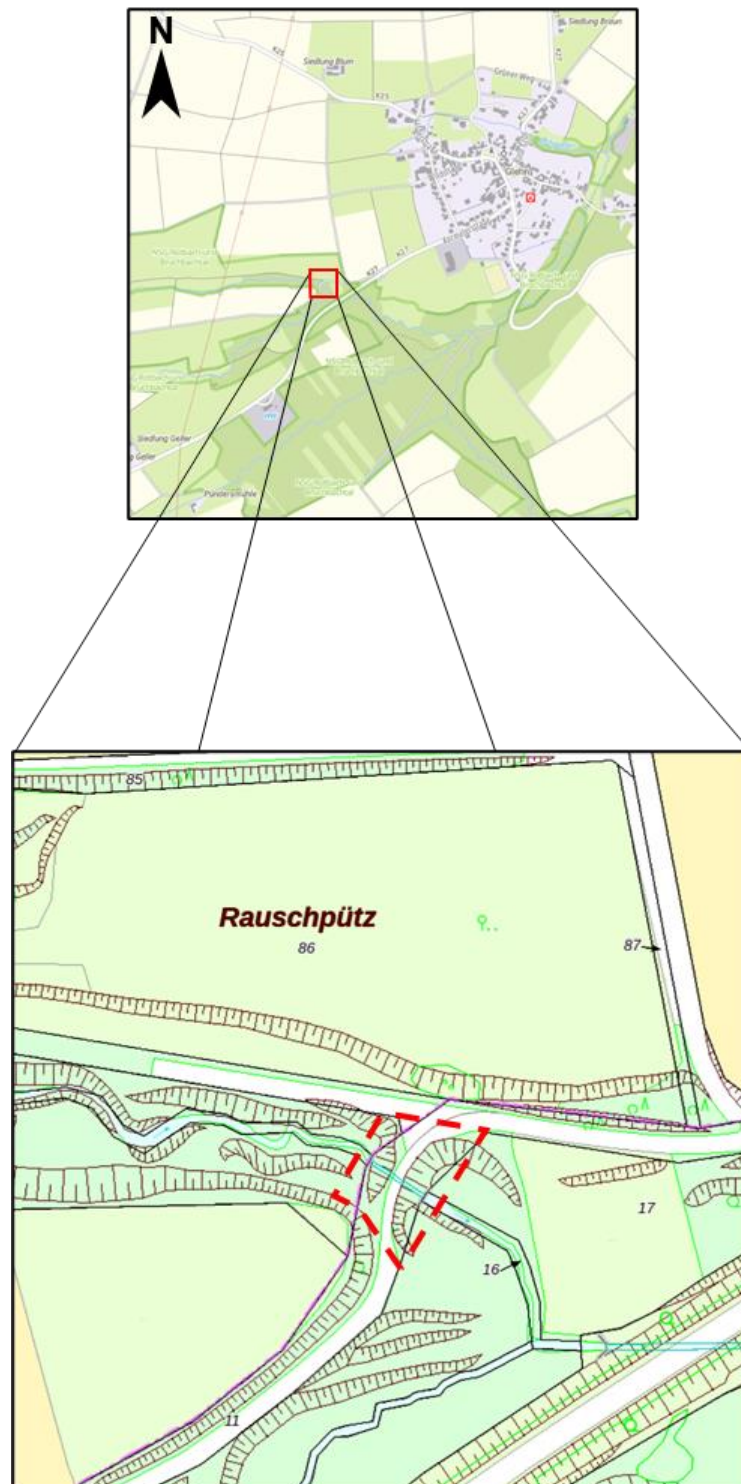


Abbildung 1: Lage des Bauvorhabens.

Der vorhandene Damm, der beim Hochwasser im Juli 2021 stark beschädigt wurde, soll neu aufgebaut werden und dabei so ertüchtigt werden, dass er bei zukünftigen Hochwasserereignissen das anströmende Wasser des Laubergrabens gedrosselt in den Unterstrom ableiten kann, um die Ortslage von Glehn vor Überflutung zu schützen. Die ABAG GmbH erhielt den Auftrag zur Durchführung von Bodenuntersuchungen im Bereich des Dammbauwerkes sowie der Erarbeitung des Geotechnischen Berichts nach DIN 4020, einschl. des Nachweises der Standsicherheit für das Dammbauwerk. Die Erkundungsarbeiten wurden am 26.10.2023 vorgenommen.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die durchgeführten Feldarbeiten abschließend dokumentiert die bodenmechanischen Rechenwerte und Bemessungswerte festgelegt sowie Empfehlungen zur Bauausführung gegeben.

I.2 Unterlagen

- /1/ Bestandslageplan, 1:250; Stand 15.08.2023, Ingenieurbüro Franz Spieth
- /2/ Lageplan 1:250; Stand 15.08.2023, Ingenieurbüro Franz Spieth
- /3/ Regelquerschnitte 1:50; Stand 08.01.2024, Ingenieurbüro Franz Spieth
- /4/ Neubau eines Damms mit Durchlass und Sicherungsmaßnahmen – Genehmigungsplanung: Erläuterungsbericht; 23.04.2024, Ingenieurbüro Franz Spieth

I.3 Karten und Datenquellen

- /5/ Digitale geologische Übersichtskarte NRW 1:100.000; 2022: Land NRW, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- /6/ Fachinformationssystem der Wasserwirtschaftsverwaltung NRW, ELWAS-Web, URL: <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.xhtml>
- /7/ Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen, URL: https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger; 2022, Land Nordrhein-Westfalen
- /8/ Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1:25.000, Blatt 5305 Zülpich; 1979, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen
- /9/ Grundwassergleichenplan des Erftverbandes; URL: <https://www.erftverband.de/webgis-erftverband/>; Stand 2021, Erftverband
- /10/ Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Grundrisskarte, 1:25.000, Blatt 5305 Zülpich; 1987, Landesamt für Wasser und Abfall NRW
- /11/ Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Profilkarte, MdL 1:25.000, MdH 1:5.000, Blatt 5305 Zülpich; 1988, Landesamt für Wasser und Abfall NRW

I.4 Normen, technische Regelwerke und Rechtsverweise

- [1] Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - April 2005; Stand: korrigierte Fassung März 2006.
- [4] Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I S. 4147) geändert worden ist.

- [5] DAfStb-Richtlinie:2017-12, Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie).
- [9] DIN 1054:2021-04, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1.
- [12] DIN 1055-2:2010-11, Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen.
- [13] DIN 4020:2010-12, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2.
- [15] DIN 4023:2006-02, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen.
- [16] DIN 4049-3:1994-10, Hydrologie - Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie.
- [17] DIN 4084:2021-11, Baugrund - Geländebruchberechnungen.
- [18] DIN 4095:1990-06, Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung.
- [19] DIN 4123:2013-04, Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude.
- [20] DIN 4124:2012-01, Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten.
- [21] DIN 4149:2005-04, Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten.
- [22] DIN 4150-3:2016-12, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.
- [23] DIN 18125-2:2020-11, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte des Bodens - Teil 2: Feldversuche.
- [24] DIN 18127:2012-09, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Proctorversuch.
- [25] DIN 18130-1:1998-05, Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche.
- [26] DIN 18134:2012-04, Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch.
- [27] DIN 18195:2017-07, Abdichtung von Bauwerken - Begriffe.
- [28] DIN 18196:2011-05, Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.
- [29] DIN 18196:2023-02, Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.
- [30] DIN 18300:2012-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten.
- [31] DIN 18300:2019-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten.
- [32] DIN 18301:2019-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten.
- [33] DIN 18303:2016-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Verbauarbeiten.
- [34] DIN 18304:2019-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten.
- [35] DIN 18320:2019-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Landschaftsbauarbeiten.
- [36] DIN 18533-1:2017-07, Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze.

- [37] DIN 18533-1/A1:2018-09, Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze; Änderung A1.
- [38] DIN 18915:2018-06, Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten.
- [39] DIN 19747:2009-07, Untersuchung von Feststoffen - Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung für chemische, biologische und physikalische Untersuchungen.
- [42] DIN EN 1997-1:2014-03, Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013.
- [44] DIN EN 1997-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln.
- [45] DIN EN 1998-1/NA:2021-07, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, mit CD-ROM.
- [46] DIN EN 13286-2:2013-02, Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische - Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes - Proctorversuch; Deutsche Fassung EN 13286-2:2010 + AC:2012.
- [48] DIN EN 17685-1:2023-04, Erdarbeiten - Chemische Prüfverfahren - Teil 1: Bestimmung des Glühverlusts; Deutsche Fassung EN 17685-1:2023.
- [49] DIN EN ISO 14688-1:2020-11, Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2018.
- [51] DIN EN ISO 14688-2:2020-11, Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2018.
- [52] DIN EN ISO 14689:2018-05, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels (ISO 14689:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14689:2018.
- [53] DIN EN ISO 17892-1:2015-03, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-1:2014.
- [54] DIN EN ISO 17892-4:2017-04, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016); Deutsche Fassung EN ISO 17892-4:2016.
- [55] DIN EN ISO 17892-12:2020-07, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (ISO 17892-12:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17892-12:2018.
- [56] DIN EN ISO 22475-1:2022-02, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen für die Probenentnahme von Boden, Fels und Grundwasser (ISO 22475-1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2021.
- [57] DIN EN ISO 22476-2:2012-03, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen (ISO 22476-2:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-2:2005 + A1:2011.
- [59] DIN ISO 18400-107:2020-11, Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen (ISO 18400-107:2017).
- [61] Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch. In: Bautechnik, Vol. 93, Heft 6, S. 409-415.

- [63] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB, 6. Aufl., 2021, Ernst & Sohn Verlag.
- [64] M BmB, Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln; Ausgabe 2021.
- [67] M Geok E, Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues; Ausgabe 2016.
- [68] Merkblatt BWK-M8: Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes für Bauwerksabdichtungen; Ausgabe September 2009.
- [69] RStO, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen; Ausgabe 2012.
- [72] TL Geok E-StB, Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus; Ausgabe 2019.
- [76] TL SoB-StB, Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau; Ausgabe 2020.
- [77] TP BF-StB B 8.3, Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau, Teil B 8.3: Dynamischer Plattendruckversuch mit leichtem Fallgewichtsgesetz; Ausgabe 2012.
- [78] TP BF-StB, Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau; Ausgabe 2016.
- [79] ZTV A-StB, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen; Ausgabe 1997, Fassung 2006.
- [87] ZTV A-StB, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen; Ausgabe 2012.
- [88] ZTV Beton-StB, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton; Ausgabe 2007.
- [89] ZTV E-StB, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau; Ausgabe 2017.
- [90] ZTV SoB-StB, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau; Ausgabe 2020.

II Bauvorhaben

Der Wirtschaftsweg, der den Stadtteil Bergbuir mit dem Stadtteil Glehn verbindet, wird mit einem ca. 5 m hohen Damm über den Taleinschnitt des Laubergrabens geführt. Ein Betonrohr DN 1000 gewährleistet derzeit den Durchfluss des Bergerbachs.

Bei dem Hochwasserereignis im Juli 2021 wurde das Dammbauwerk beschädigt und soll nun wiederaufgebaut und für kommende Hochwasser ertüchtigt werden. Dies umfasst die folgenden Maßnahmen:

- Rückbau des vorhandenen Damms
- Einbau eines Rahmendurchlass aus Betonfertigteilen mit einem Querschnitt von 1 m × 1 m und einer Sohle aus Wasserbausteinen.
- Wiederaufbau des Damms mit den ausgebauten sowie angelieferten Bodenmassen
- Sicherung der Böschungen mit Wasserbausteinen, die in einem Betonbett verlegt werden.
- Stabilisierung des Auslaufbereichs durch Wasserbausteine.

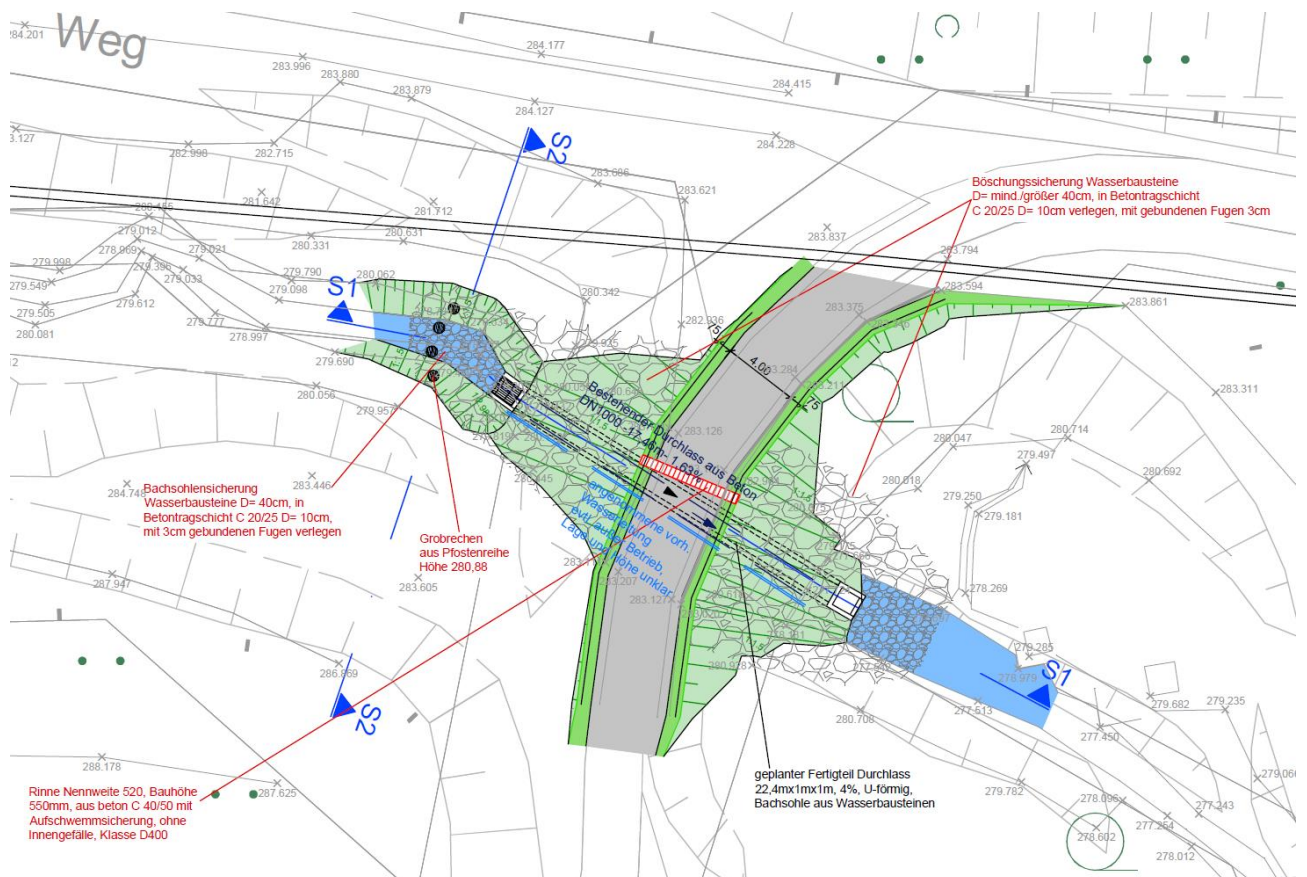


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Entwurfsplan /2/.

Schnitt S1

Maßstab 1:50

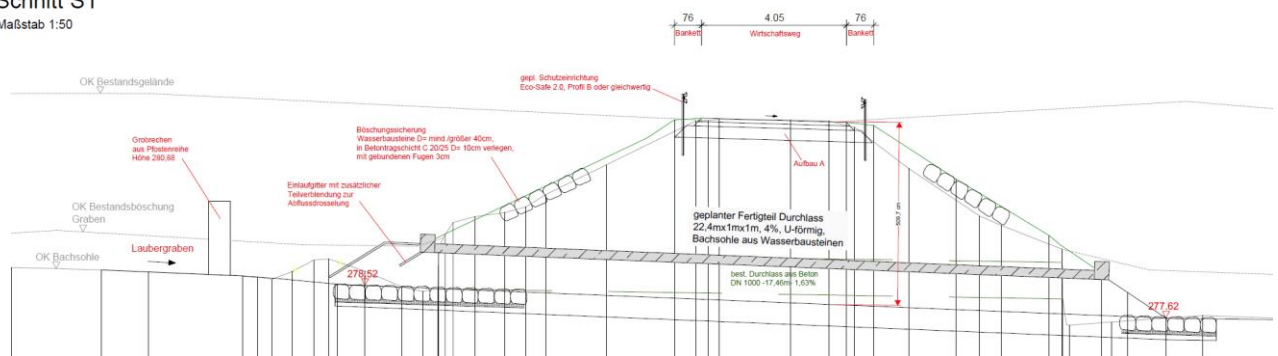


Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Entwurfsplan /3/.

III Untersuchungsumfang**III.1 Geländearbeiten**

Im Zeitraum 26.10.2023 wurden unter Annahme der Geotechnischen Kategorie GK 2 nach DIN 4020, DIN 1054 und DIN EN 1997-1 die folgenden Erkundungsarbeiten ausgeführt:

- 4 × Kleinrammbohrungen (KRB, Sondierbohrungen) nach DIN EN ISO 22475-1 mit durchgehender Gewinnung gekernter Bodenproben.
- 25 × Entnahme von gestörten Bodenproben aus der Schlitzsonde.
- 4 × Rammsondierungen mit der schweren und mittelschweren Rammsonde DPH/DPM nach DIN EN ISO 22476-2 zur Abschätzung der Lagerungsdichte und Konsistenz.

Die erkundete Schichtenfolge wurde nach DIN EN ISO 14688-1 und -2 sowie DIN EN ISO 14689 mit visuellen und manuellen Methoden angesprochen. Bodenproben wurden im Rahmen der Erkundung schichtweise sowie bei organoleptischen Auffälligkeiten entnommen.

Die Ansatzstellen der Aufschlusspunkte sind im Lageplan in Anlage 1 dargestellt. Anlage 2 zeigt die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten in der Profildarstellung nach DIN 4023 sowie DIN EN ISO 22476-2. Die zugehörigen Schichtenverzeichnisse finden sich in Anlage 3. Eine Legende zu den Profildarstellungen ist der Anlage 4 zu entnehmen.

Für die Aufschlussarbeiten gilt allgemein, dass hierbei der Baugrund stichprobenhaft erkundet wird und eine Aussage über umliegende Bereiche nur anhand von Interpolationen möglich ist. Ein Baugrundrisiko kann auch durch eingehende geotechnische Untersuchungen nicht völlig ausgeschlossen werden.

III.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur geotechnischen Klassifikation der Böden bzw. zur Kontrolle der Ansprachen und Schätzwerte wurden die folgenden bodenmechanischen Analysen durchgeführt:

- 3× Bestimmung der Zustandsgrenzen von bindigen Böden nach DIN EN ISO 17892-12 an Mischproben aus Bodenmaterial.
- 3× Bestimmung der Korngrößenverteilung durch kombinierte Nasssiebung und Sedimentation nach DIN EN ISO 17892-4 an Mischproben aus Bodenmaterial.
- 12× Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1 an Einzelproben aus Bodenmaterial.

Die Dokumentation der Laboruntersuchungen kann der Anlage 5 entnommen werden.

III.3 Umwelttechnische Laboruntersuchungen

Die Durchführung, Dokumentation und Auswertung von umwelttechnischen Laboruntersuchungen waren nicht Auftragsgegenstand.

IV Baugrundstück

IV.1 Geologischer und Hydrogeologischer Rahmen

IV.1.1 Geologie

Nach den geologischen Karten stehen im Bereich des Dammbauwerks Festgesteine des *Oberen Buntsandsteins* an, die aus roten glimmerigen Tonsandsteinengroben Konglomeraten und bunten dolomitischen Sandsteinen bestehen. Die Sandsteine sind enthalten neben Quarz in beträchtlicher Menge hellen Glimmer, dazu Kaolin und Tongallen. Ihr Bindemittel ist tonig und dolomitisch. Überlagert werden die Festgesteine von ihren Umlagerungs- und Verwitterungsprodukten sowie einer geringmächtigen Oberbodenauflage. Der vorhandene Dammkörper wird von umgelagerten Hang- und Tallehmen sowie den ungebundenen und gebundenen Schichten der Wegbefestigung aufgebaut.

IV.1.2 Hydrogeologie

In keiner der Bohrungen wurde eine Wasserführung festgestellt. Das Bohrgut wurde, mit Ausnahme des Oberbodens, als überwiegend erdfeucht angesprochen. Der Oberboden war zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten feucht. Es ist in den geringdurchlässigen Böden im Bereich des Baugrundstücks grundsätzlich ganzjährig mit Schichtenwasser und Staunässe zu rechnen.

In der Nähe des Baugrundstücks befinden sich keine Grundwassermessstellen, anhand derer der Grundwasserspiegel und dessen Schwankungsbereich abgeschätzt werden können. Hilfsweise wird der Grundwassergleichenplan des Erftverbandes /9/ herangezogen. Danach fällt Grundwasseroberfläche flach in nordöstliche Richtung ab (vgl. Abbildung 4). Im Bereich des Baufeldes wäre von einem

Grundwasserstand von rund 283 mNHN auszugehen, was in etwa der Höhe der geplanten Dammkronen entsprechen würde.

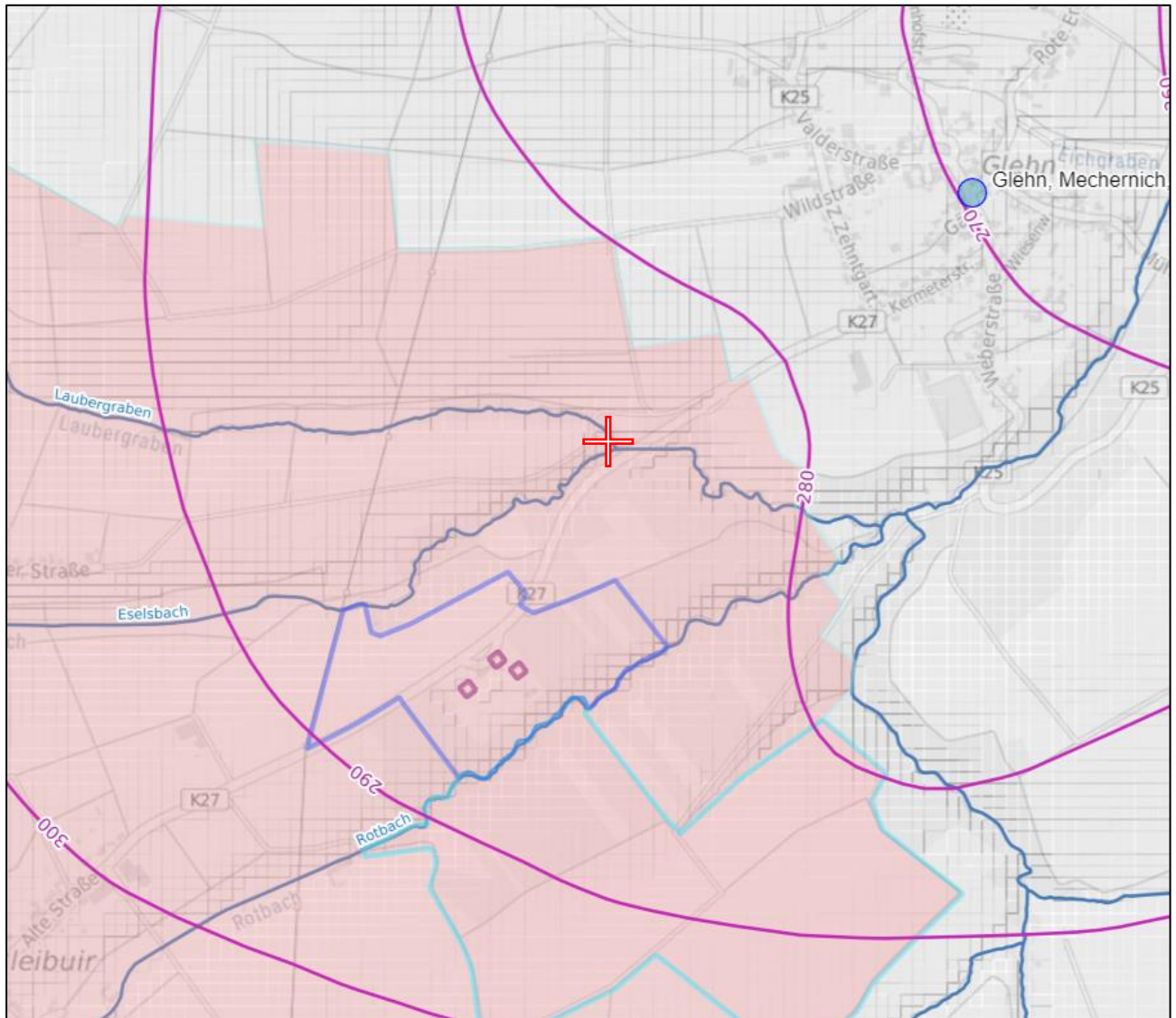


Abbildung 4: Ausschnitt aus dem Grundwassergleichenplan des Ertverbandes /9/.

Der im Grundwassergleichenplan prognostizierte Grundwasserstand korreliert nicht mit den Beobachtungen im Rahmen der Baugrunderkundungen. Wir weisen darauf hin, dass es sich bei dem Grundwassergleichenplan um ein rechnerisches Modell handelt, das den mittleren zu erwartenden Grundwasserstand zeigt. Die Auflösung (räumlich und zeitlich) und Qualität der Eingangsdaten des Modells variieren stark. Insgesamt ist das Modell als orientierender Hinweis zu werten.

Wir weisen zudem darauf hin, dass Grundwasserstände Veränderungen unterliegen und dabei saisonal und übersaisonal schwanken können. Die Interpretation von hydrogeologischen Daten ist grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet.

IV.1.3 Hydrologie

Das Baufeld entwässert in den *Laubergraben*. Das Einzugsgebiet des *Laubergrabens* gehört zum Basiseinzugsgebiet des *Eselsbachs* und dem Teileinzugsgebiet der *Erft*. Übergeordnet gehören beide Einzugsgebiete zum Flussgebiet des *Rheins*. Unterhalb des Baufeldes befindet sich die *Mechnicher Triassenke*, ein sehr ergiebiger Poren- und Kluft-Grundwasserleiter.

Der Damm befindet sich nach unserem Kenntnisstand in der Zone 3B des geplanten Wasserschutzgebietes *Bleibuir*.

IV.1.4 Bemessungswasserstände

Anhand der Erkundungsergebnisse ist für den Bemessungsgrundwasserstand HGW BWK-M8 im Endzustand zunächst die geplante Geländeoberkante (GOK) zu empfehlen. Obwohl das oberste Grundwasserstockwerk nach den Erkundungsergebnissen erst in der Verwitterungszone des Fels, unterhalb von 276,7 mNHN zu erwarten ist, muss bereits oberflächennah aufgrund der geringdurchlässigen Böden (Schicht 2.1+2.2) mit zeitlich auftretender Staunässe (oder Schichtenwasser) gerechnet werden. Das Wasser kann dabei ganzjährig als drückendes oder nichtdrückendes Wasser im Sinne der DIN 18195 in allen erkundeten Schichten des Unterbodens auftreten und auf ein Bauwerk einwirken.

Für den Bauzustand ist nach unserer Einschätzung keine Festsetzung eines Bemessungswasserstandes erforderlich. Während der Bauphase ist nicht von Grundwasserzutritten in die Baugrube auszugehen, solange diese nicht tiefer als 277 mNHN zu liegen kommt. Die möglichen Einflüsse von Schichtwasser oder lokaler Staunässe spielen dabei eine untergeordnete Rolle und können vernachlässigt werden.

Das Baugebiet befindet sich außerhalb von Überschwemmungsgebieten, sodass grundsätzlich kein Bemessungshochwasserstand HHW ansetzbar ist.

Wir weisen darauf hin, dass es sich hierbei um Empfehlungen handelt und die verbindliche Festsetzung der HGW und HHW durch den zuständigen Fachplaner erfolgen muss.

IV.2 Georisiken

IV.2.1 Erdbeben

Für das Baugrundstück gilt nach DIN 4149 und DIN EN 1998/NA folgende Zuordnung:

- Erdbebenzone: 2
- Untergrundklasse: R (felsartiger Untergrund)
- Baugrundklasse: B (mäßig verwittertes Festgestein)

IV.2.2 Frosteinwirkung

Das Bauvorhaben liegt nach der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone I. Die Frosteindringtiefe liegt hier bei 80 cm u. GOK.

IV.2.3 Hochwasser

Das Grundstück liegt nach unserem Kenntnisstand außerhalb von festgesetzten Überflutungsgebieten und auch außerhalb von nachrichtlich ausgewiesenen Risikogebieten.

IV.2.4 Kampfmittel

Die Organisation, Durchführung und Überwachung von Kampfmittelerkundungen waren nicht Auftragsgegenstand.

IV.2.5 Altlasten

Die Organisation, Durchführung und Überwachung von Altlastenerkundungen waren nicht Auftragsgegenstand. Die durchgeführten Erkundungsarbeiten begründen keinen Altlastenverdacht.

IV.2.6 Bergschäden

Die Organisation, Durchführung und Überwachung der Erkundung von Bergschäden waren nicht Auftragsgegenstand. Die durchgeführten Erkundungsarbeiten liefern keinen Hinweis auf das Vorhandensein von Bergschäden.

V Baugrundverhältnisse

V.1 Bodenschichten

Der erkundete Untergrund lässt sich in die nachfolgend beschriebenen Schichtkomplexe untergliedern:

- **Komplex 0: Versiegelung**
 - Schicht 0.1: Asphaltoberbau
- **Komplex 1: Auffüllungen**
 - Schicht 1.1: Oberboden
 - Schicht 1.2: Ungebundener Ober- und Unterbau
 - Schicht 1.3: Dammschüttung (Hang- und Verwitterungslehm, umgelagert)
- **Komplex 2: Verwitterungsböden (Buntsandstein)**
 - Schicht 2.1: Hang- und Tallehm
 - Schicht 2.2: Verwitterungston
 - Schicht 2.3: Fels, verwittert

Im Folgenden ist die erkundete Schichtenfolge kurz beschrieben und, soweit möglich, den Boden-
gruppen der DIN 18196 zugeordnet.

Auf dem Damm wurde zunächst eine Versiegelung aus Asphalt durchörtert. Diese liegt auf einer
Tragschicht aus Lavaschlacke und umgelagertem Felsmaterial (Bodengruppen [GW], [GU]) auf. Der

eigentliche Dammkörper besteht aus umgelagertem Hang- und Tallehm (Bodengruppe [TL]) sowie umgelagertem Verwitterungsmaterial (Bodengruppe [ST*]). Unter dem Dammkörper wurden Hang- und Tallehm (TL), Verwitterungston (TM) sowie verwitterter Fels erbohrt.

V.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen beschrieben. Aus den entnommenen Einzelproben wurden schichtweise Mischproben nach DIN EN 19747 erstellt. An den Mischproben wurden die Kornverteilungen durch kombinierte Nasssiebung und Sedimentation nach DIN EN ISO 17892-4 sowie die Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12 untersucht. Darüber hinaus wurde an 12 Einzelproben der Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 bestimmt. Die Protokolle der bodenmechanischen Laborversuche finden sich in Anlage 5.

V.2.1 Kornverteilungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Siebungen und Sedimentationen DIN EN ISO 17892-4 zusammengefasst. Die detaillierten Protokolle finden sich in Anlage 5.1.

Tabelle 1: Ergebnisse der Sieb- und Sieb-Schlamm-Analysen.

Schicht	Ton [M.-%]	Schluff [M.-%]	Sand [M.-%]	Kies [M.-%]	Bodengruppe n. DIN 18196
1.3 Dammschüttung (umgelagerter Hang- und Tallehm)	13,4	63,9	17,5	5,1	[TL]
1.3 Dammschüttung (umgelagertes Verwitterungsmaterial)	7,8	31,0	43,5	17,7	[ST*]
2.2 Verwitterungston	10,7	44,2	33,1	12,0	TM

V.2.2 Zustandsgrenzen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12 zusammengefasst. Die detaillierten Protokolle finden sich in Anlage 5.2.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untersuchung der Zustandsgrenzen.

Schicht	Wassergehalt w [%]	Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]	Plastizitätszahl I_P [%]	Konsistenzzahl $I_{C, \text{kor.}}$ [-]	Zustandsform
1.3 Dammschüttung	12,9	33,0	15,8	17,2	1,2	halbfest
1.3 Dammschüttung	14,6	25,5	13,4	12,1	0,9	steif
2.2 Verwitterungston	11,7	35,1	17,3	17,8	1,3	halbfest – fest

¹⁾ Einstufung ohne Berücksichtigung der Kornverteilung.

Nach den Untersuchungen liegt die Dammschüttung vorwiegend in steifer bis halbfester Konsistenz vor. Der Verwitterungston weist eine halbfeste bis feste Zustandsform auf. Die Ergebnisse korrelieren mit der Bodenansprache im Feld, wobei die Schlagzahlen N_{10} der Rammsondierungen bereichsweise auch eine weiche Konsistenz für die Dammschüttung andeuten.

V.2.3 Wassergehalte

Für die angetroffenen Böden wurden die Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1 ermittelt. Im Folgenden sind die Ergebnisse zusammengestellt. Die detaillierten Protokolle finden sich in Anlage 5.3.

Tabelle 3: Ergebnisse der Wassergehaltsmessungen nach DIN EN ISO 17892-1.

Schicht	Minimum [M.-%]	Maximum [M.-%]	Mittelwert [M.-%]	resultierende Zustandsform
1.3 Dammschüttung	12,2	21,2	15,3	weich – halbfest
2.1 Hang- u. Tallem	16,2	23,6	20,3	weich - halbfest
2.2 Verwitterungston	11,0	13,3	12,2	halbfest - fest

V.3 Bewertung der Tragfähigkeit und Verdichtbarkeit

Zur besseren Abschätzung der Konsistenz bzw. Lagerungsdichte und damit der Tragfähigkeit der anstehenden Böden, wurden zu den Bohrungen und der Bodenansprache zusätzlich Rammsondierungen abgeteuft. Die Rammsondierungen wurden als mittelschwere und schwere Rammsondierungen DPM/DPH nach DIN EN ISO 22476-2 durchgeführt.

Schicht 1.1: Oberboden

Eine Bewertung des Oberbodens wird nicht vorgenommen, da dieser nicht überbaut werden darf. Beim Wiedereinbau ist diese Bodenschicht nur zum Wiederandecken bzw. zur Herstellung von durchwurzelbaren Bodenschichten geeignet.

Schicht 1.2: Ungebundener Ober- und Unterbau

Nach den Schlagzahlen der Rammsondierungen ist der ungebundene Ober- und Unterbau mitteldicht bis dicht gelagert. Die Tragfähigkeit des ungebundenen Straßenaufbaus ist insgesamt als mittel bis hoch einzustufen. Beim Wiedereinbau sind die grob- und gemischtkörnigen Kiessande in der Regel gut verdichtbar.

Schicht 1.3: Dammschüttung

Anhand der im Mittel gemessenen Schlagzahlen N_{10} liegt die Dammschüttung vorwiegend in weicher bis steifer Konsistenz vor. Die Bodenansprache ist nicht in Übereinstimmung mit der Korrelation zwischen den Schlagzahlen N_{10} und der zugehörigen Konsistenz. Das Material wurde als steif bis halbfest angesprochen, was auch mit den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche korreliert. Für die weitere Bewertung wird davon ausgegangen, dass eine steife bis halbfeste Konsistenz zutreffend ist.

Die Tragfähigkeit ist insgesamt als gering bis mäßig einzustufen und es ist von einer hohen Kompressibilität auszugehen. Beim Wiedereinbau ist diese Bodenschicht schlecht bzw. bei ungünstigen Bedingungen nicht ausreichend verdichtbar.

Schicht 2.1: Hang- u. Tallehm

Anhand der im Mittel gemessenen Schlagzahlen N_{10} liegt der Hang- u. Tallehm vorwiegend in weicher bis halbfester Konsistenz vor. Die Bodenansprache ist in Übereinstimmung mit der Korrelation zwischen den gemessenen Schlagzahlen $N_{10,DPH}$ und der zugehörigen Konsistenz. Die Tragfähigkeit ist insgesamt als gering einzustufen. Beim Wiedereinbau ist diese Bodenschicht schlecht bzw. bei ungünstigen Bedingungen gar nicht verdichtbar.

Schicht 2.2: Verwitterungston

Anhand der im Mittel gemessenen Schlagzahlen N_{10} liegt der Verwitterungston vorwiegend in halbfester bis fester Konsistenz vor. Die Bodenansprache ist in Übereinstimmung mit der Korrelation zwischen den gemessenen Schlagzahlen $N_{10,DPH}$ und der zugehörigen Konsistenz. Die Tragfähigkeit ist insgesamt als gering - mittel einzustufen. Beim Wiedereinbau ist diese Bodenschicht nur schwer bzw. bei ungünstigen Bedingungen gegebenenfalls nicht ausreichend verdichtbar.

Schicht 2.3: Fels, verwittert

Anhand der Rammsondierungen ist davon auszugehen, dass der verwitterte Fels vorwiegend gleichmäßig verwittert ist und der Verwitterungsgrad mit zunehmender Tiefe deutlich abnimmt. Ebenso ist von voraussichtlich vollständig zerfallen/zersetzen Zwischenlagen im erkundeten Teufenbereich auszugehen. Insgesamt ist von einer Abfolge aus steinigen bis blockigen Lagen der Verwitterungsstufen 4 oder auch 3 nach DIN EN ISO 14689 auszugehen. Vollständig zu Boden zerfallene und/oder zersetzte Zwischenlagen (Verwitterungsstufe 5) können auch unterhalb der erreichten Endteufen nicht ausgeschlossen werden. Der Übergang zum voraussichtlich weniger verwitterten Fels wird durch den sprunghaften Anstieg der Schlagzahlen der Rammsondierung bei den erreichten Endteufen markiert und ist zwischen 276,3 mNHN und 276,7 mNHN zu erwarten. Es gilt darüber hinaus zu berücksichtigen, dass die Felsoberfläche in Abhängigkeit vom Verwitterungsgrad in ihrer Tiefenlage lokal stark variieren kann. So muss grundsätzlich mit klippenartig aus dem tieferen Untergrund in den Baugrund hineinragenden, schwer lösbaren Felspartien und mit tiefer in den Fels eingreifenden, weniger tragfähigen Verwitterungszonen gerechnet werden. Die Tragfähigkeit ist insgesamt als hoch bis sehr hoch einzustufen. Beim Wiedereinbau ist diese Bodenschicht nur nach einer Aufbereitung (Brechen und bspw. Herstellen eines korngestuftes Gemisches) verdichtbar. Wir weisen darauf hin, dass der verwitterte Fels im direkten Aufschluss nur oberflächlich angebohrt wurde. Sämtliche Aussagen, die ausschließlich auf indirekten Aufschlüssen beruhen sind mit höheren Ungewissheiten behaftet.

V.4 Beurteilung der Durchlässigkeit

Die Durchlässigkeit der erkundeten Böden wurde anhand der Bodenansprache sowie der Siebanalysen und auf der Grundlage von Karteninformationen /10/ qualitativ bewertet (siehe Tabellen in Abschnitt V.5).

V.5 Zusammenfassende Beschreibung

In den nachfolgenden Tabelle 4 und Tabelle 5 werden die erkundeten Schichten zusammenfassend beschrieben. Aussagen über die Konsistenz und Lagerungsdichte beziehen sich dabei immer auf den Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten. Dieser Hinweis wird im Folgenden nicht gesondert wiederholt.

Tabelle 4: Zusammenfassende Beschreibung der Auffüllungen.

Schicht	1.1	1.2	1.3
Bezeichnung	Oberboden	Ungebundener Ober- u. Unterbau	Dammschüttung (Hang und Verwitterungslehmlern umgelagert)
Oberkante [m u. GOK]	GOK	0,10	0,5 – 0,7
Unterkante [m u. GOK]	0, – 0,4	0,5 – 0,7	4,3 – 4,4
Ansprache ¹⁾ nach DIN EN ISO 14688-1	Mu: U, fs-fs*, h'	A: G, s' A: G, s', u'	A: U, t', g', fs' A: S, u*, t', fg', mg' A: T, u, g'
Farbe	dunkelbraun	grau, rotbraun	rotbraun
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1	weich – steif	—	weich – halbfest
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-1	—	mitteldicht – dicht	—
Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14688-1	—	—	—
Bodengruppe(n) nach DIN 18196	A [OU]	A [GW], [GU]	[TL], [ST*], [TM]
Frostempfindlichkeit ²⁾ nach den ZTV-E StB 17	n. r.	F 1 – F2 (nicht empfindlich bis gering empfindlich)	F 3 (sehr empfindlich)
Durchlässigkeit (informativ) nach DIN 18130-1	schwach durchlässig – durchlässig	durchlässig	schwach durchlässig
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-5}$	$\approx 5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-9} - 5 \times 10^{-7}$
Verdichtbarkeitsklasse (informativ) nach den ZTV A-StB 97/06	n. r.	V1	V3
Wiedereinbaufähigkeit ³⁾	nur zum Wiederandecken geeignet	sehr gut	schlecht
Tragfähigkeit	n. r. (darf nicht überbaut werden)	mittel - hoch	gering
Sonstiges	bewachsen, durchwurzelt	Lavaschlacke, umgelagertes Felsmaterial	vereinzelt Ziegelbruch

n. u.: nicht untersucht n. r.: nicht relevant n. b.: nicht bestimmbar.

¹⁾ Eine Legende zu den Symbolen findet sich in Anlage 4.

²⁾ Siehe Tabelle 6.

³⁾ Die Beurteilung bezieht sich nur auf die bodenmechanischen Eigenschaften ohne Berücksichtigung umwelt-relevanter Aspekte.

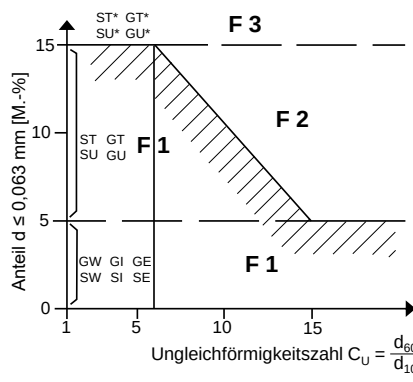
Tabelle 5: Zusammenfassende Beschreibung der gewachsenen Böden.

Schicht	2.1	2.2	2.3
Bezeichnung	Hang- u. Tallehm	Verwitterungston	Fels, verwittert
Oberkante [m u. GOK]	0,0 – 4,4	1,8 – 6,5	5,9
Unterkante [m u. GOK]	1,8 – 6,5	2,6– 6,9	UK nicht erreicht
Ansprache ¹⁾ nach DIN EN ISO 14688-1	U, fs, t', o' U+G, s U, g*, s U, fs', g', o' U, fs-fs*	U, t', fs'	Zv: Tst (zerbohrt zu G, s')
Farbe	rotbraun	rotbraun	rotbraun
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest	halbfest – fest	—
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-1	—	—	—
Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14688-1	—	5	4 – 3
Bodengruppe(n) nach DIN 18196	TL	TM	—
Frostempfindlichkeit ²⁾ nach den ZTV-E StB 17	F 3 (sehr empfindlich)	F 3 (sehr empfindlich)	F 3 (sehr empfindlich; Erfahrungswert)
Durchlässigkeit (informativ) nach DIN 18130-1	schwach durchlässig	schwach durchlässig	schwach durchlässig – durchlässig
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-10} - 5 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$ (Auflockerungszone)
Verdichtbarkeitsklasse (informativ) nach den ZTV A-StB 97/06	V3	V3	nur aufbereitet verdichtbar
Wiedereinbaufähigkeit ³⁾	schlecht	schlecht	aufbereitet: sehr gut – gut
Tragfähigkeit	gering	gering – mittel	hoch – sehr hoch
Sonstiges	lokal mit Pflanzen- und Wurzelresten	Unterkante nur in KRB 2 gesichert er- reicht	nur in der KRB 2 ober- flächlich angebohrt; Ei- genschaften weitestge- hend anhand der indi- rekten Aufschlüsse ge- schätzt

n. u.: nicht untersucht n. r.: nicht relevant

¹⁾ Eine Legende zu den Symbolen findet sich in Anlage 4.²⁾ Siehe Tabelle 6.³⁾ Die Beurteilung bezieht sich nur auf die bodenmechanischen Eigenschaften ohne Berücksichtigung umwelt-relevanter Aspekte.

Tabelle 6: Frostempfindlichkeitsklassen der Bodengruppen nach den ZTV E-StB 17.

	Frostempfindlichkeit	Bodengruppen (nach DIN 18196 [9])	Grafische Darstellung
F 1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE, SW, SI, SE	
F 2	gering bis mittel frostempfindlich	TA, OT, OH, OK, ST ¹⁾ , GT ¹⁾ , SU ¹⁾ , GU ¹⁾	
F 3	sehr frostempfindlich	TL, TM, UL, UM, UA, OU, ST*, GT*, SU*, GU*	
¹⁾ Zu F 1 gehörig bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von 5 M.-% bei C _u ≥ 15 oder 15,0 M.-% bei C _u ≤ 6. Im Bereich 6 < C _u < 15 kann der für eine Zuordnung zu F 1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden.			

VI Geotechnische Kategorie, Homogenbereiche und Kennwerte

VI.1 Geotechnische Kategorie

Anhand der Untersuchungsergebnisse empfehlen wir die Geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 4020, DIN 1054 und DIN EN 1997-1 zuzuordnen, womit die vor der Erkundung angenommene Zuordnung beibehalten wird. Kenntnis über erschwerende Einflüsse (bspw. Bauwerke mit hohem Sicherheitsanspruch oder ungewöhnliche Lastkombinationen, die für die Gründung maßgebend werden), die eine Einstufung in die GK 3 fordern, liegt uns zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor.

VI.2 Kennwerte und Klassifikationen

VI.2.1 Homogenbereiche

Für die erkundete Schichtenfolge wird die nachfolgend dargestellte Einteilung (vgl. Tabelle 7) in Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 vorgeschlagen. Konstruktive Schichten aus Boden oder bodenähnlichem Material fallen nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300:2019 und können keinem Homogenbereich zugeordnet werden. Oberboden fällt ebenfalls nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300:2019 und stellt nach der DIN 18320 unabhängig vom Zustand vor dem Lösen einen eigenen Homogenbereich dar. Für Verdichtungsarbeiten und den Wiedereinbau von Aushubmaßen empfehlen wir neben den Homogenbereichen und deren Unterteilungen die schichtbezogenen Angaben aus Tabelle 4 und Tabelle 5 (zusammenfassende Beschreibung der Bodenschichten) heranzuziehen.

Tabelle 7: Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300:2019 und DIN 18320.

Schicht		Homogenbereiche Erdarbeiten nach DIN 18300	Homogenbereiche Landschaftsarbeiten nach DIN 18320
1.1	Oberboden	—	O
1.3	Dammschüttung	B	—
2.1	Hang- u. Tallehm		—
2.2	Verwitterungston		—
2.3	Fels, verwittert	X	

Die erkundeten Schichten über dem Fels sind mit einem schweren Bagger grabbar und können im Homogenbereich B zusammengefasst werden. Eine endgültige Entscheidung über die Zuordnung der Böden zu Homogenbereichen muss mit dem Planer und dem Auftraggeber eng abgestimmt werden. Im Rahmen der Planung und Ausschreibung ist daher zu prüfen, ob gegebenenfalls eine Modifikation der Homogenbereichseinteilung notwendig bzw. sinnvoll ist. Angaben zu Homogenbereichen für andere Gewerke, bspw. für Verbauarbeiten nach DIN 18303 oder Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18304, können auf Anfrage erstellt werden.

Nach den Untersuchungsergebnissen und unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten sowie der DIN 1055-2, können den Homogenbereichen die in der Tabelle 7 aufgeführten Eigenschaften zugeordnet werden.

Tabelle 8: Bandbreite der Eigenschaften und Kennwerte des Oberbodens nach DIN 18320.

Kennwert	Schicht
	1.1 Oberboden
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden
Homogenbereich nach DIN 18320:2019	O
Bodenklasse (informativ) nach DIN 18300:2012	1
Bodengruppe nach DIN 18196 nach DIN 18915	[OH] 5a – 5b
Massenanteil ¹⁾ Steine [M.-%] Blöcke [M.-%] Große Blöcke [M.-%]	0 0 0

¹⁾ Ein Vorkommen ist nicht auszuschließen, die genaue Bestimmung des Massenanteils ist aufgrund der beauftragten Erkundungsverfahren jedoch nicht möglich.

Tabelle 9: Bandbreite der Eigenschaften und Kennwerte von Böden für Erdarbeiten nach DIN 18300 der Geotechnischen Kategorien 2 und 3.

Kennwert	Schicht(en)	
	1.2	1.3 + 2.1 + 2.2
Bezeichnung der Schicht(en)	Ungebundener Ober- und Unterbau	Dammschüttung + Hang- und Tallem + Verwitterungston
Ortsübliche Bezeichnung(en)	Lava / Kies	Lehm
Homogenbereich Erdarbeiten nach DIN 18300:2019	—	B
Bodenklasse ¹⁾ (informativ) nach DIN 18300:2012	3	4
Bodengruppe nach DIN 18196	[GW], [GU]	[TL]/TL, [ST*], TM
Kornverteilung Ton [M.-%] Schluff [M.-%] Sand [M.-%] Kies [M.-%]	0 0 - 15 15 - 25 65 - 75	7 - 14 30 - 64 17 - 44 5 - 18
Massenanteil ²⁾ Steine [M.-%] Blöcke [M.-%] Große Blöcke [M.-%]	0 - 10 0 0	0 - 10 0 0
Organischer Anteil [M.-%]	≤ 3	≤ 3
Feuchtdichte [kg/m ³]	2.000 – 2.200	1.900 – 2.100
Undrainierte Scherfestigkeit c _u [kN/m ²]	0 – 10	5 – 50
Wassergehalt w [M.-%]	4 – 10	10 – 24
Konsistenzzahl I _c [-] nach DIN EN ISO 14688-2	n. a.	0,5 – 1,5
Plastizitätszahl I _p [%] nach DIN EN ISO 14688-2	n. a.	10 – 20
Bezogene Lagerungsdichte Bezeichnung I _D [%] nach DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht 50 - 75	n. a.

n. a.: nicht anwendbar.

¹⁾ Bindige Böden mit fester Konsistenz gehören zur Bodenklasse 6, mit breiiger Konsistenz zur Bodenklasse 2.

²⁾ Ein Vorkommen ist nicht auszuschließen, die genaue Bestimmung des Massenanteils ist aufgrund der beauftragten Erkundungsverfahren jedoch nicht möglich.

Tabelle 10: Bandbreite der Eigenschaften und Kennwerte von Fels für Erdarbeiten nach DIN 18300 und Bohrarbeiten nach DIN 18301 der Geotechnischen Kategorien 2 und 3.

Kennwert	Schicht 2.3 Fels, verwittert
Ortsübliche Bezeichnung	verwitterter Fels
Benennung des Fels nach DIN EN ISO 14689 Korngröße Genese Geologische Struktur Mineralogie Poren/Hohlräume Alter	Sandstein sedimentär (marin) geschichtet silikatisch sekundäre Poren/Hohlräume Trias, Buntsandstein
Homogenbereich Erdarbeiten nach DIN 18300:2019	X
Homogenbereich Bohrarbeiten nach DIN 18301:2019	—
Unterteilung Homogenbereich	—
Bodenklasse (informativ) nach DIN 18300:2012	6 – 7
Veränderung und Verwitterung nach DIN EN ISO 14689	teilweise verfärbt, teilweise zerfallen und zersetzt
Verwitterungsstufe nach DIN EN ISO 14689	4 – 3
Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689 an Luft unter Wasser	teilweise veränderlich teilweise veränderlich
Elnaxiale Druckfestigkeit [MPa] nach DIN EN ISO 14689	5 – 25
Trennflächenabstand nach DIN EN ISO 14689	engständig
Trennflächenrichtung nach DIN EN ISO 14689	n. b.
Gesteinskörpervolumen ¹⁾ nach DIN EN ISO 14689	gering - groß
Abrasivität nach DGGT-E 23	n. r.

n. b.: nicht bestimmbar/nicht bestimmt.

n. r.: nicht relevant.

¹⁾ Alternativangabe zur Gesteinskörperform gemäß DIN EN ISO 14689 [44].

Wir weisen darauf hin, dass der Übergang zwischen den vollständig zersetzten und zerfallenen Verwitterungsböden und dem verwitterten Fels fließend ist und keine scharfe Trennung zu erwarten ist.

VI.2.2 Charakteristische Bodenkennwerte

Für die Berechnung und Bemessung von Bauwerken sind die charakteristischen Werte (Index k) gemäß EC 7 (DIN EN 1997-1) aus Tabelle 11 anzusetzen.

Tabelle 11: Charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen.

Kennwert	Schicht(en)				
	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
Bezeichnung	Ungebundener Ober- u. Unterbau	Dammschüttung	Hang-/Tallehm	Verwitterungston	Fels, verwittert
Bodengruppe nach DIN 18196 [29]	A [GW], [GU]	[TL], [ST*]	TL	TM	—
Wichte [kN/m ³]					
über Wasser γ_k	20	20	19	21	23
unter Auftrieb γ'_k	12	10	9	11	13
Reibungswinkel ϕ'_k [°]	35	27,5	25	25	37,5 ¹⁾
Kohäsion [kN/m ²]					
dränirt c'_k	1	7,5	2,5	15	1
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	60	5	5	10	100
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	1×10^{-4}	1×10^{-7}	1×10^{-7}	5×10^{-7}	1×10^{-3}

¹⁾ Ersatzreibungswinkel.

VII Empfehlungen und Hinweise zur Bauausführung

VII.1 Bauhilfskonstruktionen

Es ist davon auszugehen, dass geböschte Baugruben realisierbar sind. Im vorliegenden Fall sollte ausgehend von den Bodeneigenschaften ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit nach DIN 4084 [14] ein Böschungswinkel von 45° nicht überschritten werden. Die tatsächliche Realisierbarkeit einer geböschten Baugrube ist vor der Bauausführung verbindlich zu prüfen.

Baugruben und Gräben können generell geböscht, teilgeböscht oder verbaut hergestellt werden. Für geböschte Baugruben ist der Abschnitt VII.1.1 zu beachten. Ist eine geböschte Baugrube nicht bzw. nur teilweise realisierbar oder nicht gewollt, so gelten für die Bereiche, die nicht geböscht angelegt werden die Vorgaben zum Verbau aus Abschnitt VII.1.2.

VII.1.1 Baugruben und Gräben

Baugruben und Gräben sind grundsätzlich entsprechend den Vorgaben der DIN 4124 auszuführen. Wir verweisen zudem auf die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB 21 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT).

Senkrecht abgeschachtete Gruben dürfen bei Tiefen $\geq 1,25$ m ohne weitere Sicherungsmaßnahmen nicht betreten werden. Bei Tiefen von mehr als 1,25 m sind senkrechte Baugruben und Gräben zu verbauen. Baugruben und Gräben bis höchstens 1,25 m Tiefe dürfen ohne Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche

- a) bei nichtbindigen und weichen bindigen Böden nicht stärker als 1 : 10,
- b) bei mindestens steifen bindigen Böden nicht stärker als 1 : 2 geneigt ist.

In mindestens steifen bindigen Böden sowie bei Fels dürfen Baugruben und Gräben bis zu einer Tiefe von 1,75 m ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter dem Winkel $\beta < 45^\circ$ geböscht wird und die Geländeoberfläche nicht steiler als 1 : 10 ansteigt. Andere Begrenzungen der Wand sind ebenfalls zulässig, wenn dadurch zusätzlich Boden entfernt wird.

Bei Baugruben und Gräben mit einer Tiefe über 1,25 m bzw. 1,75 m richtet sich der Böschungswinkel unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften unter Berücksichtigung der Zeit, während der die Baugrube bzw. der Graben offen zu halten ist, und nach den äußeren Einflüssen, die auf die Böschung wirken. Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

- a) $\beta = 45^\circ$ bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden,
- b) $\beta = 60^\circ$ bei mindestens steifen bindigen Böden
- c) $\beta = 80^\circ$ bei Fels.

Diese Angaben gelten nicht, wenn besondere Einflüsse die Standsicherheit gefährden, z. B.:

- a) Störungen des Bodengefüges wie Klüfte oder Verwerfungen,
- b) zur Einschnittsohle einfallende Schichtung oder Schieferung,
- c) nicht oder nur wenig verdichtete Verfüllungen oder Aufschüttungen,
- c) erhebliche Anteile an Seeton, Beckenschluff, organischen Bestandteilen und ähnlichen festigkeitsmindernden Bodenarten im Fall eines weichen bindigen Bodens,
- d) Grundwasserabsenkung durch offene Wasserhaltung,
- e) Zufluss von Schichtenwasser,
- f) nicht entwässerte Fließsandböden,
- g) der Verlust der Kapillarkohäsion eines nichtbindigen Bodens durch Austrocknen,
- h) fehlender lastfreier Schutzstreifen bei Baugruben und Gräben mit mehr als 0,80 m Tiefe oder
- i) starke Erschütterungen aus Verkehr, Rammarbeiten, Verdichtungsarbeiten oder Sprengungen.

An den Böschungskronen ist ein mindestens 0,6 m breiter Schutzstreifen einzurichten, der frei von Lasten, d. h. Aushub, Maschinen und Baumaterial zu halten ist. Straßenfahrzeuge, die nach der StVO [61] allgemein zugelassen sind, sowie Baumaschinen oder Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht sollen einen Abstand von mindestens 1,0 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante einhalten. Schwerere Straßenfahrzeuge sowie Baumaschinen oder Baugeräte über 12 t bis 40 t Gesamtgewicht müssen einen Abstand von mindestens 2,0 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante einhalten. Darüber hinaus wird empfohlen, bei Böschungshöhen über 3 m eine mindestens 1 m breite Zwischenberme anzuordnen. Durch

äußere Einwirkungen (bspw. Verkehrslast) beanspruchte Böschungen sowie Böschungen mit > 5 m Böschungshöhe erfordern einen Standsicherheitsnachweis nach DIN 4084.

Bei ungünstigen Witterungsbedingungen wie Niederschlag, Austrocknung oder Frost, sind die Baugrubenböschungen durch ein Abdecken mit Planen zu schützen. Generell sind bei allen Erdarbeiten die DIN 18300 sowie die ZTV E-StB 17 uneingeschränkt zu berücksichtigen.

VII.1.2 Verbau

Wenn die Böschungswinkel aufgrund örtlicher Zwangspunkte (z. B. Leitungen, angrenzende Verkehrsflächen, Nachbarbebauung) nicht eingehalten werden können, so ist für den betroffenen Bereich ein Verbau vorzusehen. Bezüglich der beim Verbau zu beachtenden Anforderungen und Eigenschaften der Bodenarten sind die vorhergehenden Abschnitte, insbesondere die Tabelle 11 (Bodenkennwerte) sowie DIN 4124 und die aktuellen Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB 21 der DGGT zu beachten. Der Verbau ist entsprechend der statischen Erfordernisse zu bemessen.

In weichen Böden muss der Verbau mindestens 30 cm tief im Boden unterhalb der Grabensohle einbinden. Je nach Verbauart sind entsprechend zusätzliche Maßnahmen wie Vorbohren und/oder Vorschlitzen einzuplanen.

VII.2 Rückbau des vorhandenen Damms

Der Oberboden muss abgeschoben und nach der DIN 18320 behandelt werden. Bei Oberboden handelt es sich nach § 202 BauGB um ein Schutzgut, das nicht vernichtet oder vergeudet werden darf und in einem nutzbaren Zustand zu erhalten ist. Er kann seitlich zur Andeckung und Profilierung des Geländes wiederverwendet werden. Bei der Herstellung von durchwurzelbaren Bodenschichten sind insbesondere §§ 6 und 7 BBodSchV (2021) zu befolgen. Überschüssiger Boden ist unter Anwendung der DIN 19731 einer geeigneten Verwertung zuzuführen.

Nach Abschieben des Oberbodens ist der Damm bis auf die Gründungsebene des Rahmendurchlasses abzugraben. Der hierbei anfallende Bodenaushub ist auf einer geeigneten Lagerfläche für den Wiedereinbau aufzuhalten. Da es sich bei dem Aushub vorwiegend um witterungsempfindliche Böden handelt, sind folgende Maßnahmen zu deren Schutz und Entwässerung vorzusehen:

- Die Auflager- und Auftragsflächen sind mit Gefälle und Vorflutgräben so anzulegen, dass das Boden- und das Niederschlagswasser ungehindert abfließen können. Reichen diese Maßnahmen bei zu hohem Wassergehalt (weiche bis breiige Konsistenz) nicht aus, müssen zusätzlich in der Zwischenablagerung entweder in Sandwich-Bauweise Flächendrängeschichten zwischengeschaltet oder netzförmig Sickerstränge angelegt werden.
- Die Flächen dürfen nicht durchnässen und müssen bei längerer Liegezeit abgedeckt werden. Durchnässte Bereiche sind zu entfernen mit Kalk zu verbessern oder wiederholt umzuschichten.

- Böden mit unterschiedlichen bodenmechanischen Eigenschaften, insbesondere unterschiedlichen Wassergehalten und Konsistenzen, dürfen keinesfalls wahllos durcheinander abgelagert werden, da sonst das Wasser lokal aufstaut und den umgeben den Boden aufweicht.
- Die Oberfläche der Zwischenlagerung ist in kleinen Abschnitten zu profilieren, sodass jederzeit ein geregelter Wasserabfluss entsteht.

VII.3 Durchlassbauwerk

Der Laubergraben soll mit einem Rahmendurchlass durch den Damm geführt werden. Das Bauwerk ist als Fertigteil-Durchlass mit den Abmessungen 19,14 m × 1 m × 1 m, einem 2-%igen Gefälle und einer Bachsohle aus Wasserbausteinen geplant.

Unter Annahme einer Wandstärke des Bauwerks von schätzungsweise 20 cm liegt die Gründungssohle zum Teil in dem setzungs- und wasserempfindlichen Hang- und Tallehm (Schicht 2.1). Zur Vereinheitlichung der Auflagerbedingungen, insbesondere zum Ausgleich von Setzungsunterschieden empfehlen wir den Einbau eines Bettungspolsters.

Für das Polster sollte qualifiziertes Tragschichtmaterial verwendet werden. Das Material muss die Anforderungen für Frostschutzschichten gemäß TL SoB-StB erfüllen. Geeignete Materialien hierfür sind weit gestufte Kies-Sand-Gemische der Bodengruppe GW nach DIN 18196 der Korngruppen 0/45 mm bis 0/56 mm mit einer Ungleichförmigkeitszahl $C_u > 15$ und einem Feinkornanteil ($< 0,063$ mm) von maximal 5 M.-% (z. B. Mineral-Gemische, gebrochenes Natursteinmaterial). Tabelle 12 fasst die zu fordernden Eigenschaften an das Bodenpolster zusammen.

Tabelle 12: Bodenmechanische Kennwerte und Anforderungen an das Polstermaterial.

Bodengruppe nach DIN 18196 [22]	Stärke [m]	γ_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	E_s [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	D_{Pr} [%]	C_u [-]
GW	0,4	20	35	60	≥ 80	≥ 98	≥ 15

Das Polstermaterial ist mit einer Lagenstärke ≤ 30 cm im gesamten Druckausbreitungsbereich des jeweiligen Gründungsköpers (Kiessand 45°) einzubauen und muss auf einen Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 98 % verdichtet werden.

Da die anstehenden Böden empfindlich auf Witterungseinflüsse reagieren, sollte unmittelbar nach Erreichen der Gründungssohle das Bettungspolster eingebaut werden oder aber eine Schutzbetonschicht betoniert werden. Werden in der Aushubsohle sehr weiche oder breiige Schichten angetroffen, sind diese Bereiche entsprechend tiefer auszuschachten oder durch Eindrücken von Grobschlag (kantiges Material 60/120 mm o. ä.) zu stabilisieren. Lockere Bereiche aus ausreichend verdichtungsfähigem Material (Verdichtbarkeitsklassen V1 und V2) sind mit einem geeignetem Gerät nachzuverdichten.

Grundsätzlich ist auf eine frostsichere Gründung zu achten. Entsprechend den geltenden Vorschriften ist ein Mindestabstand von 80 cm von UK Bauwerk bis künftiger Geländeoberkante einzuhalten.

VII.3.1 Erdstatische Vorbemessung

Für den Durchlass wurden beispielhaft Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach EC 7 durchgeführt. Dabei wurden die Bodenkennwerte aus Tabelle 11 und Tabelle 12 zugrunde gelegt.

Unter den vorgenannten Voraussetzungen sind zur Bemessung der Fertigteile die folgenden erdstatischen Kennwerte ansetzbar:

Tabelle 13: Erdstatische Kennwerte.

Gründungssohle	im Lehm
Bettungsmodul k_s [MN/m ³]	8
Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	200
Setzung bei voller Ausnutzung von $\sigma_{R,d}$ [cm]	2,0

Das tatsächliche Verformungsbild ergibt sich aus numerischer Berechnung im Zuge der Tragwerksplanung unter Ansatz der tatsächlichen Belastung.

VII.4 Wasserhaltung

Unter Voraussetzung einer provisorischen Bachumleitung ist auf Höhe der geplanten Aushubsohlen, und auch bis zu 2,0 m darunter, nicht von nennenswertem Grundwassereinfluss auszugehen. Lokale Staunässe und/oder Schichtenwasser können jedoch ganzjährig im gesamten vertikalen Bodenprofil nicht ausgeschlossen werden.

Anhand der Erkundungsergebnisse muss nach unserer Auffassung für den Bauzustand kein Bemessungsgrundwasserstand HGW nach dem BWK M8 angesetzt werden. Ein Bemessungshochwasserstand HHW ist nach unserem Kenntnisstand im Bereich des Bauvorhabens grundsätzlich nicht erforderlich. Die verbindliche Festsetzung des HGW/HHW muss durch den zuständigen Fachplaner erfolgen.

Während der Bauzeit anfallendes Wasser ist unverzüglich über einen offenen Pumpensumpf zu fassen und aus dem Baufeld in eine geeignete Vorflut abzuleiten. Die Einleitung in die Kanalisation ist genehmigungspflichtig. Oberflächenwasser, etwa Niederschlagswasser, ist durch an die Vor-Ort-Gegebenheiten angepasste Maßnahmen von der Baugrube fernzuhalten.

VII.5 Erdbau

Erdarbeiten sind grundsätzlich an die Witterungsverhältnisse anzupassen. Aushubsohlen (Gründungssohlen, Dammaufstandsfläche) sind ohne Auflockerung durch die Grabarbeiten eben herzustellen. Es sollten Maßnahmen vorgesehen werden, um die Aushubsohlen vor Durchfeuchtung zu schützen. Werden in den Aushubsohlen sehr weiche Schichten angetroffen, sind diese Bereiche auszuschachten und durch geeignetes Material zu ersetzen oder durch Eindrücken von Grobschlag (kantiges Material 60/120 mm o. ä.) zu stabilisieren. Lockere Bereiche aus ausreichend verdichtungsfähigem Material (Verdichtbarkeitsklassen V1 und V2) sind entsprechend mit einem geeigneten Gerät nachzuverdichten. Bei nasser Witterung während der Erdarbeiten ist an der Basis von

Tragschichten ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 nach dem M Geok E 16 vorzusehen.

VII.5.1 Dammschüttung

Für die Wiederherstellung der Dammschüttung sollen, das vorhandene Dammschüttmaterial (Schicht 1.3) wiederverwendet werden. Fallen beim Aushub auch die anstehenden Lehm- und Tonböden (Schicht 2.1 und 2.2) an, sollen diese ebenfalls wiedereingebaut werden. Fehlmassen sind durch gut verdichtbare Erdbaustoffe zu ersetzen. Geeignete Materialien hierfür sind weit gestufte Kies-Sand-Gemische GW/GU der Korngruppen 0/45 bis 0/100 mm mit einem Ungleichförmigkeitszahl $C_u > 15$ und einem Feinkornanteil ($< 0,063$) von maximal 15 M.-% (Kies-Sand-Gemische, Mineral-Gemische, gebrochenes Natursteinmaterial).

Die feinkörnigen Böden sind witterungsempfindlich und je nach Wassergehalt nur unvollkommen bzw. nicht ausreichend zu verdichten. Sie können allenfalls im erdfeuchten Zustand ausreichend verdichtet werden, wobei auch auf die Wahl eines geeigneten Verdichtungsgerätes zu achten ist. Die Konsistenz dieser Bodenart kann sich bei Erhöhung des Wassergehaltes um wenige Prozentpunkte über das Optimum nach Proctor (DIN 18127, im Nachweis DIN 18125-2 oft sprunghaft und nachhaltig ändern.

Um die erdbautechnischen Eigenschaften der Böden zu verbessern und zu vereinheitlichen sowie die Standfestigkeit des Dammbauwerkes zu gewährleisten, empfehlen wir, die für den Wiedereinbau vorgesehenen Böden durch Zugabe von Bindemittel zu verbessern. Hierfür schlagen wir die Verwendung eines Mischbinders (Kalk/Zement-Gemisch) vor. Erfahrungsgemäß ist eine Bindemittelzugabe von rund 3 M.-% zielführend. Im vorliegenden Fall entspricht dies einer Ausstreumenge von 17—18 kg/m², bei einer Frästiefe von 0,3 m.

Für die Ausführung der Bodenstabilisierung ist wie folgt vorzugehen:

1. Bodenauftrag oder ggf. -abtrag
2. Entfernen von nichtmineralischen Fremdbestandteilen und groben organischen Bestandteilen.
3. Ausstreuen des Bindemittels mit geeignetem Streugerät:
Ist der Boden zu trocken, wie dies schon nach kurzen Trockenperioden häufig der Fall ist, muss der Boden vorgewässert und entsprechend mit der Fräse homogenisiert werden.
4. Bei starken Niederschlägen muss auf das Verteilen von Bindemitteln verzichtet werden, um ein Ausschwemmen des Bindemittels zu vermeiden.

Wird durch Niederschläge der für die ausreichende Verdichtung festgelegte Wassergehalt des Bodens überschritten, müssen die Arbeiten solange unterbrochen werden, bis der Boden ausreichend abgetrocknet ist oder der Wassergehalt ist durch Einbringen von Kalk zu reduzieren. Hierbei sollte zur Angabe der Bindemittelmenge der Gutachter zugezogen werden.

Bei starkem Wind ist das Verteilen des Bindemittels einzustellen.

5. Einfräsen des Bindemittels unmittelbar nach dem Ausstreuen:
Gegebenenfalls ist während des Fräsvorgangs so viel Wasser zuzugeben, dass der für die Verdichtung erforderliche Wassergehalt des Boden-Bindemittel-Gemisches erreicht wird. Es ist solange, u.U. mehrmalig, zu fräsen, bis das Boden-Bindemittel-Gemisch eine gleichmäßige Färbung zeigt.
6. Gegebenenfalls Abziehen und Einebnen der Fläche mit einem Grader o.ä.
7. Verdichtung mit Walzen (13—17t).
8. Nachweis der erreichten Verdichtung gemäß ZTVE-StB 17.

Baubegleitend müssen die erforderlichen Bindemittelmengen anhand von Wassergehaltsbestimmungen festgelegt und die Ausstreumengen kontrolliert werden. Für die Verfestigung sind generell die geltenden Regelwerke, insbesondere das Merkblatt für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, zu beachten. Darüber hinaus sind die Hinweise und Anforderungen des Bindemittelherstellers zu berücksichtigen.

VII.5.2 Einbau und Verdichtung

Die Verdichtung der des Dammbauwerkes sollte lagenweise überprüft werden. Gemäß Tabelle 12 in Abschnitt 14.5.1 der ZTV E ist ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 98% je Einbaulage 2-mal nachzuweisen.

Der Boden zur Verfüllung von Baugruben und Gräben sowie zur Herstellung der Dammschüttung ist lagenweise einzubauen und dynamisch zu verdichten. Dabei sollte die Lagenstärke 30 cm nicht überschreiten. Die erreichte Verdichtung sollte lagenweise überprüft werden. Für die Verdichtung sind die Anforderungen gemäß Abschnitt 4.3.2 der ZTV E-StB 17 zu einzuhalten (s. Tabelle 14).

Tabelle 14: Anforderungen an den zu erreichenden Verdichtungsgrad (aus: ZTV E-StB 17, Tabelle 4 und Abs.10.3.5).

Bereich	Bodengruppen	D_{Pr} [%]	n_a in Vol.-%
Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	<i>GW, GI, GE, GU, GT, SW, SI, SE, SU, ST</i>	100	—
1,0 m unter Planum bis Dammsohle	<i>GW, GI, GE, GU, GT, SW, SI, SE, SU, ST</i>	98	—
Planum bis Dammsohle und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	<i>GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU, OT</i>	97	12
Hinterfüll- und Überschüttbereich (bis 1 m über dem Bauwerk) des Durchlasses	<i>alle Bodengruppen</i>	100	—

VIII Standsicherheitsnachweise

Für den mit Mischbinder verfestigten Damm wurde die Standsicherheit durch die *GEO5 Software GmbH* nachgewiesen. Grundlage der rechnerischen Nachweise ist das in Anlage 6 dargestellte Baugrundmodell mit den in Tabelle 11 aufgeführten Bodenkennwerten. Für die Bodenverfestigung und die Betonbettung zur Böschungssicherung wurden anhand von Erfahrungs- und Literaturwerten die folgenden Bodenkennwerte abgeschätzt.

Tabelle 15: Bodenkennwerte für die Bodenverfestigung mit Mischbinder und die Betontragschicht.

Kennwert	Bodenverfestigung Mischbinder C70	Betonbettung C 20/25
Wichte [kN/m ³]		
über Wasser γ_k	19	25
unter Auftrieb γ'_k	9	15
Reibungswinkel φ'_k [°]	30	30
Kohäsion [kN/m ²]		
dräniert c'_k	60	0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	40	> 300
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	5×10^{-8}	5×10^{-5}

Die abgeschätzten Bodenkennwerte für die Bodenverfestigung sollten im Zuge der Bauausführung versuchstechnisch belegt werden.

Außerdem wurde auf der Böschung eine Verkehrslast SLW 60 angesetzt.

Die rechnerischen Nachweise der *GEO5 GmbH* für das Dammbauwerk sind dem Bericht in Anlage 7 beigelegt. Sie sind nachfolgend zusammengefasst.

Tabelle 16: Zusammenfassung der rechnerischen Nachweise.

Anlage	Nachweis	Ergebnis
7.1	Gesamtstandsicherheit FEM	Stabilitätsgrad $FS = 1,23 > 1,0$ ⇒ Nachweis erbracht
7.2	Böschungsbruch DIN 4084 BS-E Damm Böschung landseitig Damm Böschung wasserseitig Durchlass landseitig Durchlass wasserseitig	Ausnutzung 54,5% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 33,5% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 47,7% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 15,5% ⇒ Nachweis erbracht
7.3	Böschungsbruch DIN 4084 BS-A.1 (Bemessungshochwasser – Durchströmung Rohr) Damm Böschung landseitig Damm Böschung wasserseitig Durchlass landseitig Durchlass wasserseitig	Ausnutzung 50,0% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 29,3% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 34,4% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 13,9% ⇒ Nachweis erbracht
7.4	Böschungsbruch DIN 4084 BS-A.2 (Ausfall der Dichtung) Damm Böschung landseitig Damm Böschung wasserseitig Durchlass landseitig Durchlass wasserseitig	Ausnutzung 54,2% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 29,6% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 36,8% ⇒ Nachweis erbracht Ausnutzung 13,8% ⇒ Nachweis erbracht
7.5	Stationäre Strömungsberechnung FEM Bemessungshochwasser (BS-A.1) Ausfall der Dichtung (BS-A.2)	Berechnung der stationären Strömung ist für beide Fälle erfolgreich durchgelaufen ⇒ Nachweis erbracht
7.6	Setzungsberechnung FEM (Endzustand)	max. Verformung [mm] x-Richtung: 8,7 z-Richtung: 77,5
	Setzungsberechnung FEM (Endzustand mit Rohrdurchlass)	max. Verformung [mm] x-Richtung: 8,7 z-Richtung: 77,5
7.7	Spreizsicherheit am Dammfuß	Ausnutzung 58,0% ⇒ Nachweis erbracht
	Gleitsicherheit Dammsohle	Ausnutzung 42,0% ⇒ Nachweis erbracht
	Hydraulischer Grundbruch	Nachweis nicht erforderlich
	Erosionssicherheit	Ausnutzung 61,0% ⇒ Nachweis erbracht
	Materialtransport im Boden (Suffosion)	Nachweis nicht erforderlich

Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass alle Nachweise der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Erosionssicherheit erfüllt sind. Die gewählte Bauweise wird somit grundsätzlich den Anforderungen gerecht.

IX Abschließende Bemerkung

Im Rahmen der Untersuchungen wurde der Untergrund mit direkten und indirekten Methoden (Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen) erkundet. Hiervon ausgehend wurde der Schichtenverlauf extrapoliert. Kleinräumige Abweichungen von den dargestellten Untergrundverhältnissen können nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Im Zuge der Ausführungsplanung ist gegebenenfalls eine Abstimmung zwischen dem Planer und dem Unterzeichner und eine Optimierung der angegebenen Gründungshinweise erforderlich. Auf die entsprechende Vorgehensweise des Normenpakets Eurocode EC 7 wird hingewiesen.

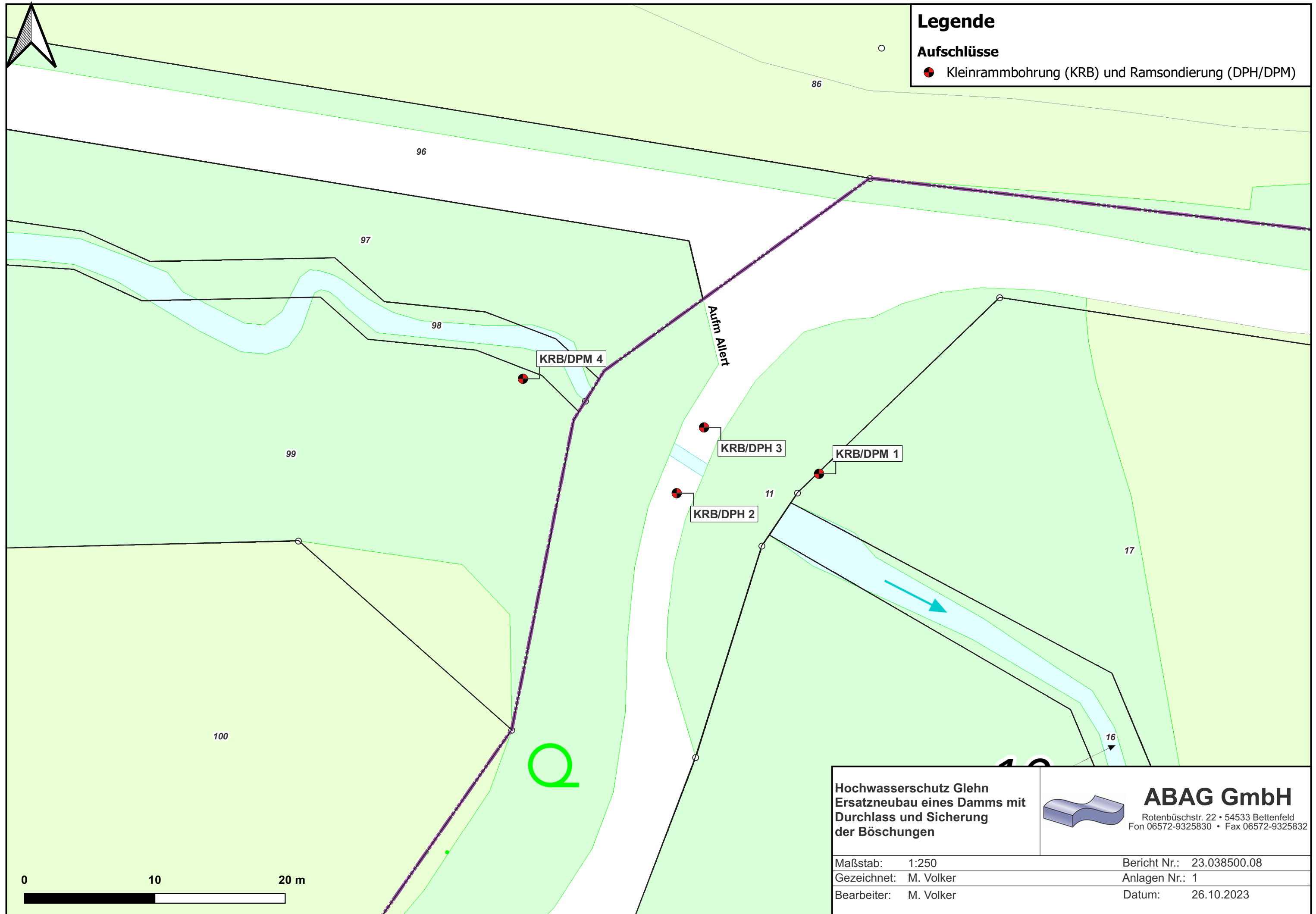
Das zugrunde gelegte Baugrundmodell basiert auf stichprobenartigen Untersuchungen und ist daher im Zuge der Erdarbeiten zu verifizieren. Somit gelten sämtliche Angaben vorbehaltlich einer förmlichen Überprüfung der Gründungssohlen durch die ABAG GmbH. Wir bitten um rechtzeitige Mitteilung zur Abstimmung der notwendigen Abnahmetermine.

Sollten sich Änderungen in der Ausführungsplanung ergeben, die eine neue Beurteilung der Baugrundverhältnisse erfordern, so ist der Unterzeichnende zu informieren. Falls während der Bauausführung Baugrundverhältnisse angetroffen werden, die dem vorliegenden Gutachten widersprechen oder hierin nicht berücksichtigt wurden, ist der Unterzeichnende hinzuzuziehen.

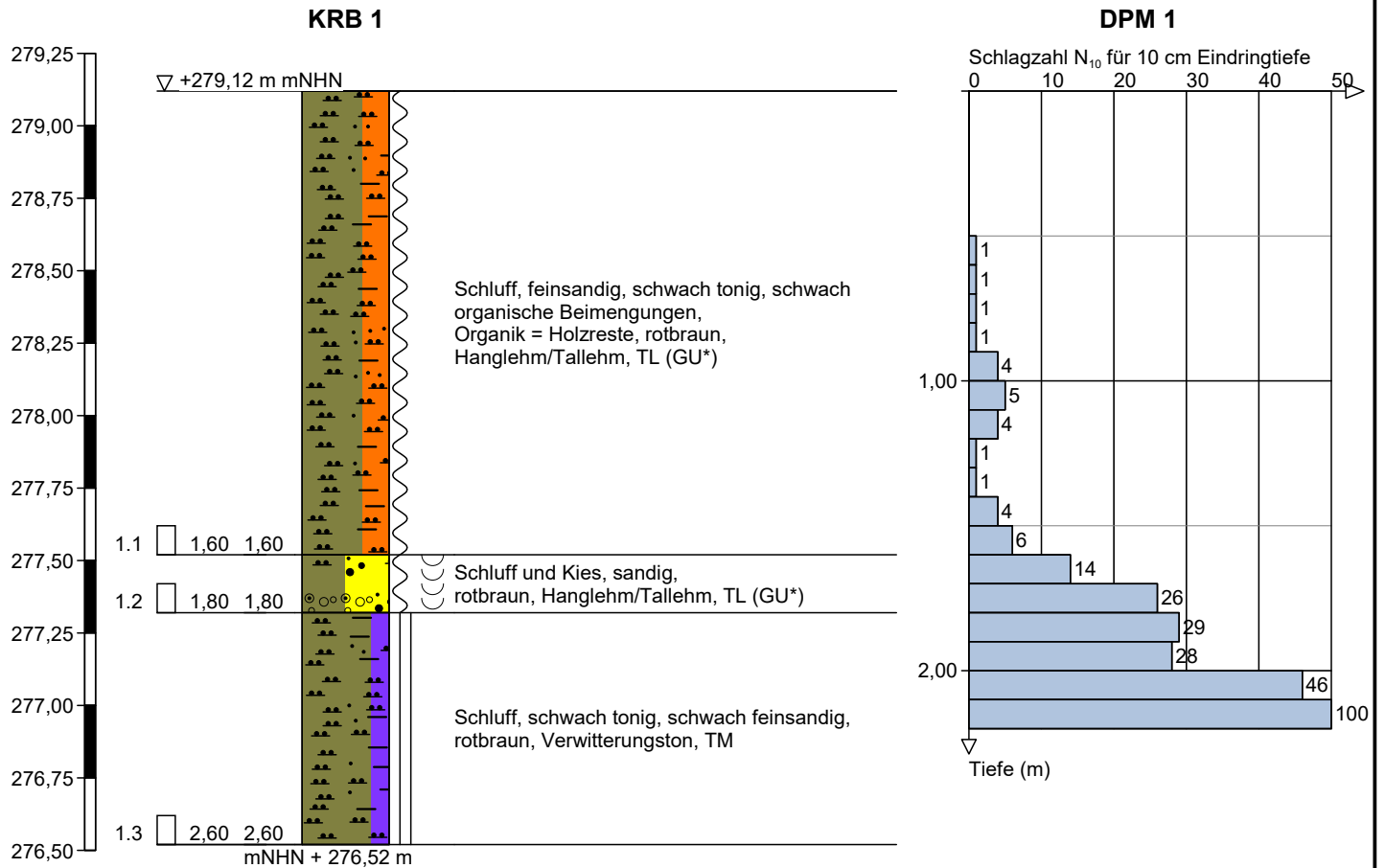
Für baubegleitende Dienstleistungen wie (bspw. erdstatische Berechnungen, Verdichtungskontrollen mittels Rammsondierung oder Plattendruckversuchen, chemische Untersuchungen von Bodenaushub sowie die Abnahme von Sohlflächen u. v. m.) stehen wir gerne zur Verfügung.

Der vorliegende Bericht ist dem Entwurfsverfasser, den davon betroffenen Fachplanern, der Bauleitung, dem ausführenden Unternehmen und gegebenenfalls auch der Projektsteuerung vollständig, d. h. mit allen Anlagen, zur Verfügung zu stellen. Eine auszugsweise Vervielfältigung ist ohne die schriftliche Zustimmung der ABAG GmbH nicht zulässig.

ABAG GmbH
Bettenfeld

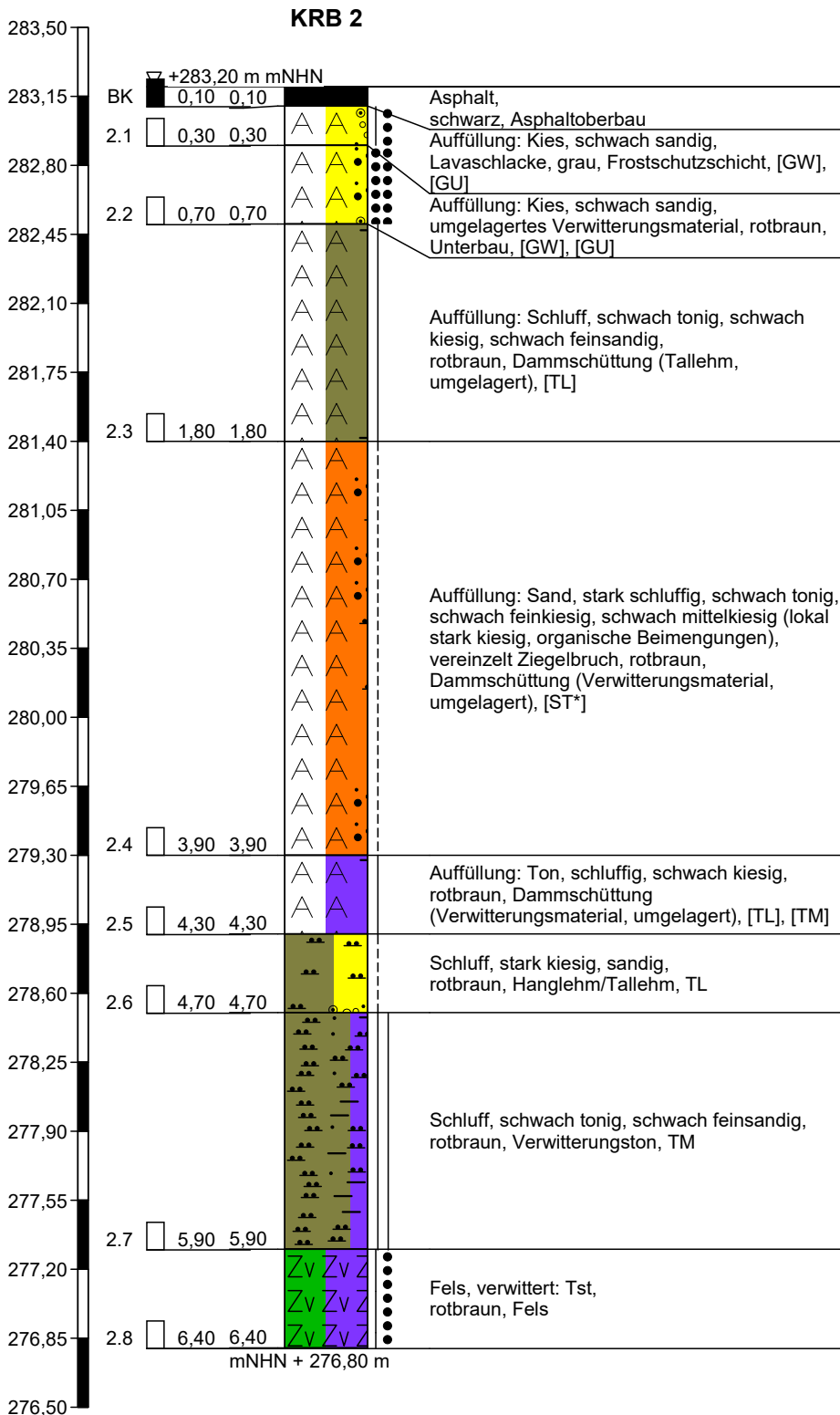


Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

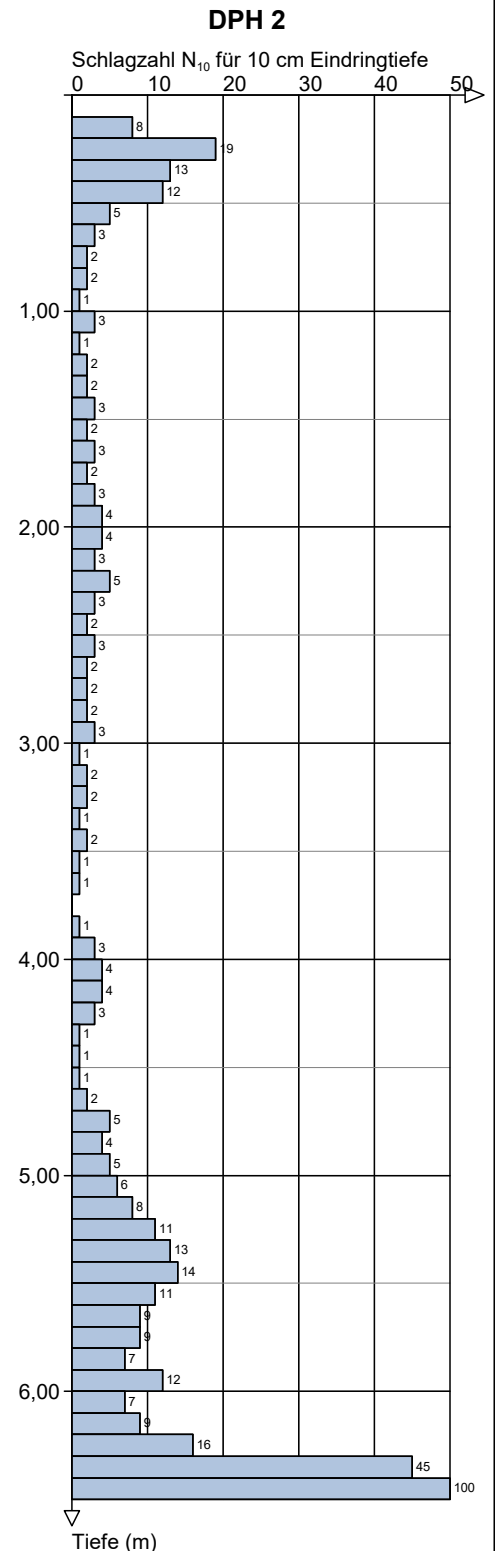


Höhenmaßstab 1:25

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



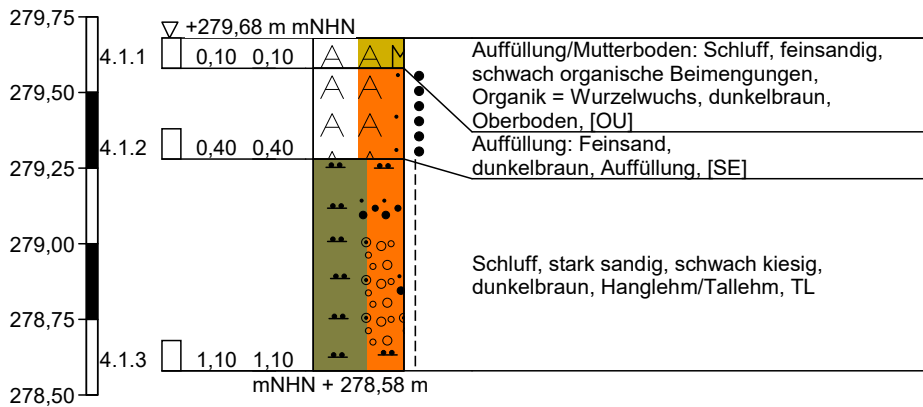
Höhenmaßstab 1:35



Höhenmaßstab 1:35

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

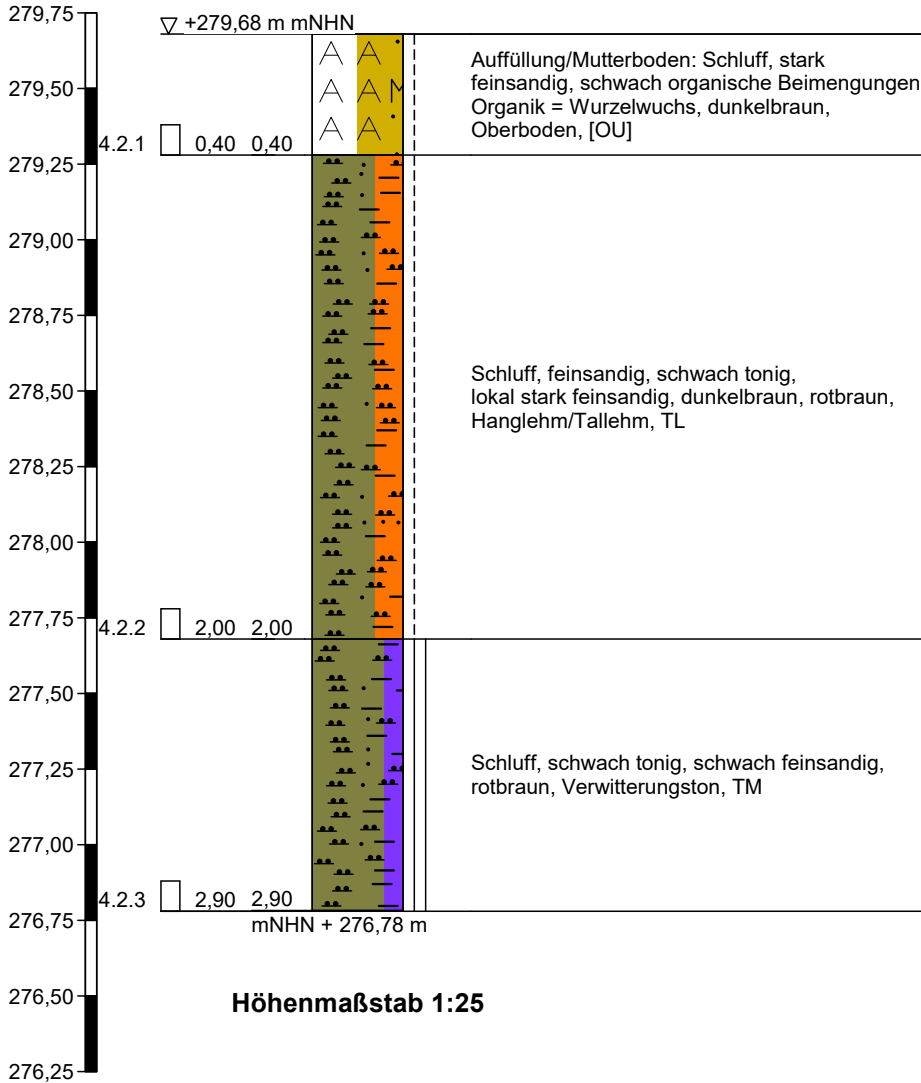
KRB 4.1



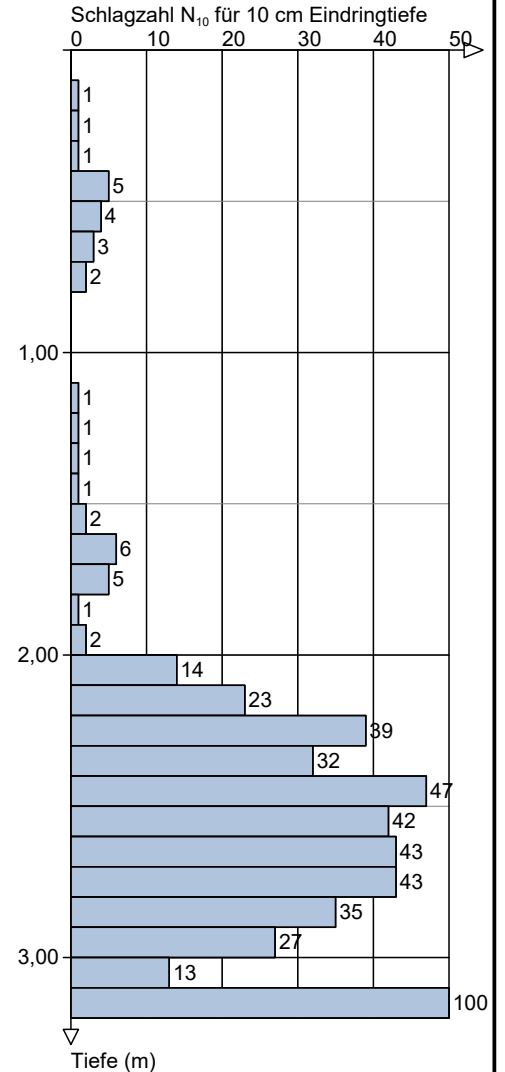
Höhenmaßstab 1:25

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

KRB 4.2



DPM 4.2





Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.1

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Laubergraben

Bohrung Nr. **KRB 1** /Blatt **1**

Datum:

26.10.2023

1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,60	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach organische Beimengungen				Kleinrammbohrung Ø 60 – 50 mm sehr feucht	C	1.1	1,60
	b) Organik = Holzreste							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) rotbraun					
	f) Hanglehm/Tallehm	g)	h) TL (GU*)	i) 0				
1,80	a) Schluff und Kies, sandig				nass	C	1.2	1,80
	b)							
	c) weich	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun					
	f) Hanglehm/Tallehm	g)	h) TL (GU*)	i) 0				
2,60	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig				schwach feucht WSP n. Beendigung: ohne WSP Bohrloch frei: 1 m u. GOK Abbruch: Kein Bohrfortschritt!	C	1.3	2,60
	b)							
	c) fest	d) schwer zu bohren	e) rotbraun					
	f) Verwitterungston	g)	h) TM	i) 0				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.2

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Lauberggraben

Bohrung Nr. *KRB 2* /Blatt *1*

Datum:

26.10.2023

1	2					3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0,10	a) Asphalt					Kernbohrung Ø 100 mm	A	BK	0,10
	b)								
	c) kompakt	d) leicht zu bohren	e) schwarz						
	f) Asphaltoberbau	g)	h)	i)					
0,30	a) Auffüllung: Kies, schwach sandig					Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm nass (KB-Wasser)	C	2.1	0,30
	b) Lavaschlacke								
	c) dicht	d) schwer zu bohren	e) grau						
	f) Frostschuttschicht	g)	h) [GW], [GU]	i)					
0,70	a) Auffüllung: Kies, schwach sandig					schwach feucht	C	2.2	0,70
	b) umgelagertes Verwitterungsmaterial								
	c) mitteldicht	d) schwer zu bohren	e) rotbraun						
	f) Unterbau	g)	h) [GW], [GU]	i) 0					
1,80	a) Auffüllung: Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, schwach feinsandig					schwach feucht	C	2.3	1,80
	b)								
	c) halbfest - fest	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun						
	f) Dammschüttung (Tallehm, umgelagert)	g)	h) [TL]	i) 0					
3,90	a) Auffüllung: Sand, stark schluffig, schwach tonig, schwach feinkiesig, schwach mittelkiesig (lokal stark kiesig, organische Beimengungen)					schwach feucht	C	2.4	3,90
	b) vereinzelt Ziegelbruch								
	c) steif	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun						
	f) Dammschüttung (Verwitterungsmaterial, umgelagert)	g)	h) [ST*]	i) 0					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.2

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Lauberggraben

Bohrung Nr. **KRB 2** /Blatt **2**

Datum:

26.10.2023

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
4,30	a) <i>Auffüllung: Ton, schluffig, schwach kiesig</i>				<i>schwach feucht</i>	C	2.5	4,30
	b)							
	c) <i>halbfest</i>	d) <i>mittelschwer zu bohren</i>	e) <i>rotbraun</i>					
	f) <i>Dammschüttung (Verwitterungsmaterial, umgelagert)</i>	g)	h) <i>[TL], [TM]</i>	i) <i>0</i>				
4,70	a) <i>Schluff, stark kiesig, sandig</i>				<i>feucht</i>	C	2.6	4,70
	b)							
	c) <i>steif</i>	d) <i>mittelschwer zu bohren</i>	e) <i>rotbraun</i>					
	f) <i>Hanglehm/Tallehm</i>	g)	h) <i>TL</i>	i) <i>0</i>				
5,90	a) <i>Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig</i>				<i>schwach feucht</i>	C	2.7	5,90
	b)							
	c) <i>fest</i>	d) <i>schwer zu bohren</i>	e) <i>rotbraun</i>					
	f) <i>Verwitterungston</i>	g)	h) <i>TM</i>	i) <i>0</i>				
6,40	a) <i>Fels, verwittert: Tst</i>				<i>schwach feucht</i> <i>WSP n. Beendigung: ohne WSP Bohrloch frei: 6,1 m u. GOK</i> <i>Endteufe</i>	C	2.8	6,40
	b)							
	c) <i>dicht</i>	d) <i>schwer zu bohren</i>	e) <i>rotbraun</i>					
	f) <i>Fels</i>	g)	h)	i) <i>0</i>				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.3

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Lauberggraben

Bohrung Nr. **KRB 3** /Blatt **1**

Datum:

26.10.2023

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0,10	a) Asphalt					http://www.ibs-novocrete.de/	A	BK 3	0,10
	b)								
	c) kompakt	d) leicht zu bohren	e) schwarz						
	f) Asphaltoberbau	g)	h)	i)					
0,20	a) Auffüllung: Kies, schwach sandig					Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm sehr feucht	C	3.1	0,20
	b) Lavaschlacke								
	c) mitteldicht	d) mittelschwer zu bohren	e) grau						
	f) Frostschuttschicht	g)	h) [GW], [GU]	i) 0					
0,50	a) Auffüllung: Kies, sandig, schwach schluffig					schwach feucht	C	3.2	0,50
	b)								
	c) mitteldicht	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun						
	f) Unterbau	g)	h) [GU]	i) 0					
1,60	a) Auffüllung: Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, schwach feinsandig					schwach feucht	C	3.3	1,60
	b)								
	c) halbfest	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun						
	f) Dammschüttung (Tallehm, umgelagert)	g)	h) [TL]	i) 0					
4,40	a) Auffüllung: Sand, stark schluffig, schwach tonig, schwach feinkiesig, schwach mittelkiesig					schwach feucht	C	3.4	4,40
	b)								
	c) steif	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun						
	f) Dammschüttung (Verwitterungsmaterial, umgelagert)	g)	h) [ST*]	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.3

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Lauberggraben

Bohrung Nr. **KRB 3** /Blatt **2**

Datum:

26.10.2023

1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
6,50	a) Schluff, schwach feinsandig, lokal kiesig, schwach organische Beimengungen				sehr feucht	C	3.5	6,50
	b)							
	c) steif	d) mittelschwer zu bohren	e) rotbraun					
	f) Hanglehm/Tallehm	g)	h) TL	i) 0				
6,90	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig				schwach feucht WSP n. Beendigung: ohne WSP Bohrloch frei: 4,6 m u. GOK Abbruch: Kein Bohrfortschritt!	C	3.6	6,90
	b)							
	c) fest	d) schwer zu bohren	e) rotbraun					
	f) Verwitterungston	g)	h) TM	i) 0				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.4.1

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Lauberggraben

Bohrung Nr. *KRB 4.1* /Blatt *1*

Datum:

26.10.2023

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,10	a) <i>Auffüllung/Mutterboden: Schluff, feinsandig, schwach organische Beimengungen</i>				<i>Kleinrammbohrung Ø 60 – 50 mm schwach feucht</i>	C	4.1.1	0,10
	b) <i>Organik = Wurzelwuchs</i>							
	c) <i>steif</i>	d) <i>leicht zu bohren</i>	e) <i>dunkelbraun</i>					
	f) <i>Oberboden</i>	g)	h) <i>[OU]</i>	i) <i>0</i>				
0,40	a) <i>Auffüllung: Feinsand</i>				<i>schwach feucht - trocken</i>	C	4.1.2	0,40
	b)							
	c) <i>locker</i>	d) <i>leicht zu bohren</i>	e) <i>dunkelbraun</i>					
	f) <i>Auffüllung</i>	g)	h) <i>[SE]</i>	i) <i>+</i>				
1,10	a) <i>Schluff, stark sandig, schwach kiesig</i>				<i>schwach feucht - trocken WSP n. Beendigung: ohne WSP Bohrloch frei: 1,1 m u. GOK Abbruch: Kein Bohrfortschritt! -> Neuansatz</i>	C	4.1.3	1,10
	b)							
	c) <i>steif</i>	d) <i>leicht zu bohren</i>	e) <i>dunkelbraun</i>					
	f) <i>Hanglehm/Tallehm</i>	g)	h) <i>TL</i>	i) <i>+</i>				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.4.2

Bericht:

Az.: 23.038500.08

Bauvorhaben: Mechernich-Glehn, Lauberggraben

Bohrung Nr. *KRB 4.2* /Blatt *1*

Datum:

26.10.2023

1	2					3	4	5	6	
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut		d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang		e) Farbe					
	f) Übliche Benennung		g) Geologische 1) Benennung		h) 1) Gruppe					i) Kalk- gehalt
0,40	a) <i>Auffüllung/Mutterboden: Schluff, stark feinsandig, schwach organische Beimengungen</i>					<i>Kleinrammbohrung Ø 60 – 50 mm schwach feucht</i>	C	4.2.1	0,40	
	b) <i>Organik = Wurzelwuchs</i>									
	c) <i>steif</i>		d) <i>leicht zu bohren</i>		e) <i>dunkelbraun</i>					
	f) <i>Oberboden</i>		g)		h) <i>[OU]</i>					i) <i>0</i>
2,00	a) <i>Schluff, feinsandig, schwach tonig</i>					<i>schwach feucht</i>	C	4.2.2	2,00	
	b) <i>lokal stark feinsandig</i>									
	c) <i>steif</i>		d) <i>leicht zu bohren</i>		e) <i>dunkelbraun, rotbraun</i>					
	f) <i>Hanglehm/Tallehm</i>		g)		h) <i>TL</i>					i) <i>0</i>
2,90	a) <i>Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig</i>					<i>schwach feucht WSP n. Beendigung: ohne WSP Bohrloch frei: 2,7 m u. GOK Abbruch: Kein Bohrfortschritt!</i>	C	4.2.3	2,90	
	b)									
	c) <i>fest</i>		d) <i>sehr schwer zu bohren</i>		e) <i>rotbraun</i>					
	f) <i>Verwitterungston</i>		g)		h) <i>TM</i>					i) <i>0</i>
	a)									
	b)									
	c)		d)		e)					
	f)		g)		h)					i)
	a)									
	b)									
	c)		d)		e)					
	f)		g)		h)					i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten

	Mutterboden, Mu		Mudde, F, organische Beimengungen, o
	Ton, T, tonig, t		Schluff, U, schluffig, u
	Feinsand, fS, feinsandig, fs		Mittelsand, mS, mittelsandig, ms
	Grobsand, gS, grobsandig, gs		Sand, S, sandig, s
	Feinkies, fG, feinkiesig, fg		Mittelkies, mG, mittelkiesig, mg
	Grobkies, gG, grobkiesig, gg		Kies, G, kiesig, g
	Steine, X, steinig, x		Blöcke, Y, mit Blöcken, y
	Fels, Z		Fels, verwittert, Zv
	Tonstein, Tst		Schluffstein, Ust, schluffig, u
	Sandstein, Sst		Dolomitstein, Dst
	Kalkstein, Kst		Mergelstein, Mst
	Torf, H, torfig, h		Vulkanit, Vu
	Tuffstein, Vst		Auffüllung, A
	Asphaltdeckschicht, DS, mit Asphalt, as		Asphaltbinderschicht, BI
	Asphalttragschicht, TS		Hydraulisch gebundene Tragschicht, HGT
	Verfestigung, Vf		Schottertragschicht, STS, mit Schotter, so

Signaturen der Umweltgeologie (nicht DIN-gemäß)

	Asche, Ash, mit Asche, ash		Bauschutt, B, mit Bauschutt, b
	Betonbruch, Bt, mit Betonbruch, bt		Glasbruch, Gl, mit Glasbruch, gl
	Holz, Hz, mit Holzresten, hz		Kabelreste, Kb, mit Kabelresten, kb
	Metall, Me, mit Metallteilen, me		Plastik, Pl, mit Plastikteilen, pl
	Schlacke, Sl, mit Schlacken, sl		Schotter, So, mit Schotter, so
	Splitt, Sp, mit Splitt, sp		Teerpappe, Tp, mit Teerpappe, tp
	Ziegelbruch, Zb, mit Ziegelbruchstücken, zb		Ziegelsteine, Zst, mit Ziegelsteinen, zst

Korngrößenbereich

f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
- - stark (30-40%)

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Sonstige Zeichen



naß, Vernässungszone oberhalb des Grundwassers



gekernte Strecke

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

Lagerungsdichte



locker



mitteldicht



dicht



sehr dicht

Proben

A1  1,00 Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie A aus 1,00 m Tiefe

B1  1,00 Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie B aus 1,00 m Tiefe

C1  1,00 Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie C aus 1,00 m Tiefe

W1  1,00 Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

Bodengruppe nach DIN 18196

GE enggestufte Kiese

GI Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische

SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische

GU Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm

GT Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm

SU Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm

ST Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm

UL leicht plastische Schluffe

UA ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff

TM mittelpastische Tone

OU Schluffe mit organischen Beimengungen

OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art

HN nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)

F Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)

A Auffüllung aus Fremdstoffen

GW weitgestufte Kiese

SE enggestufte Sande

SI Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische

GU* Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm

GT* Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm

SU* Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm

ST* Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm

UM mittelpastische Schluffe

TL leicht plastische Tone

TA ausgeprägt plastische Tone

OT Tone mit organischen Beimengungen

OK grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen

HZ zersetzte Torfe

[] Auffüllung aus natürlichen Böden

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

1	Oberboden (Mutterboden)	2	Fließende Bodenarten
3	Leicht lösbare Bodenarten	4	Mittelschwer lösbare Bodenarten
5	Schwer lösbare Bodenarten	6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
7	Schwer lösbarer Fels		

Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1

	frisch		schwach verwittert		mäßig bis stark verwittert		vollständig verwittert
---	--------	---	--------------------	---	----------------------------	---	------------------------

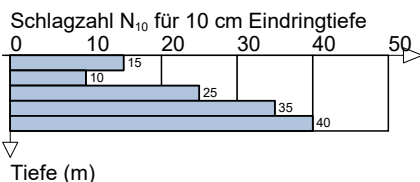
Grundwasser

	1,00	Grundwasser am 04.09.2023 in 1,00 m unter Gelände angebohrt		1,00	Grundwasser in 1,80 m unter Gelände angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m unter Gelände am 04.09.2023
	04.09.2023			04.09.2023	
				1,80	
	1,00	Grundwasser nach Beendigung der Bohrarbeiten am 04.09.2023		1,00	Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch
	04.09.2023			04.09.2023	
	1,00	Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände			
	04.09.2023				

Sondiergeräte nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03

	DPL	DPM	DPH	DPSH-A	DPSH-B
Spitzenquerschnitt [cm²]	10	15	15	16	20
Spitzendurchmesser [mm]	35,7 ± 0,3	43,7 ± 0,3	43,7 ± 0,3	45,0 ± 0,3	50,5 ± 0,5
Masse des Rammhärens [kg]	10 ± 0,1	30 ± 0,3	50 ± 0,5	63,5 ± 0,5	63,5 ± 0,5
Fallhöhe [mm]	500 ± 10	500 ± 10	500 ± 10	500 ± 10	750 ± 20
Gestängedurchmesser [mm]	22	32	32	32	35

Rammdiagramm

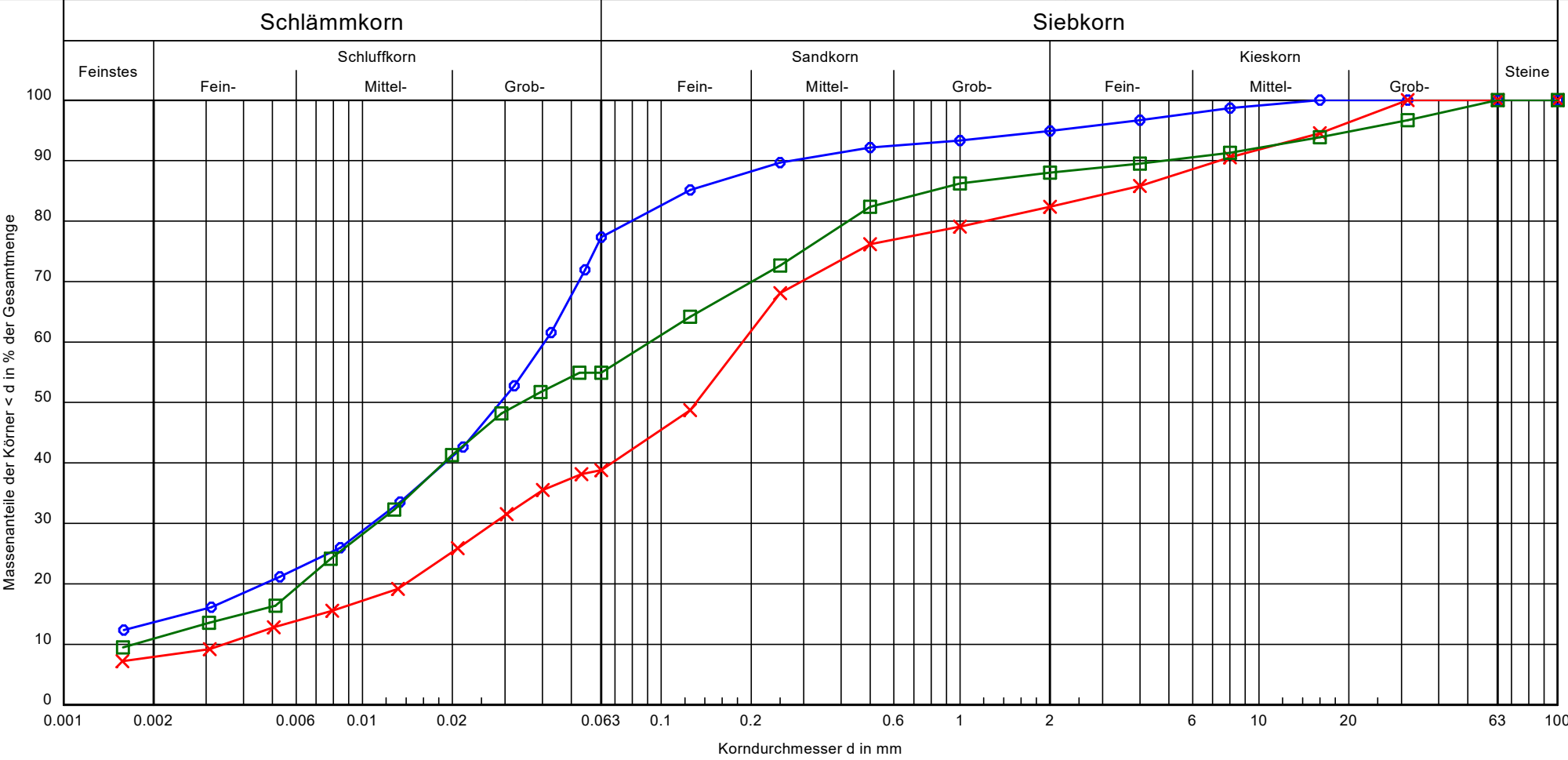


ABAG GmbH
Rotenbüschstr. 22 · 54533 Bettenfeld
Fon: 06572-9325830 · Fax: 06572-9325832

Körnungslinie
Hochwasserschutz Glehn
Lauberggraben

Prüfungsnummer: 23.038500.08
Probe entnommen am: 26.10.2023
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Nasssiebung

Bearbeiter: A. Saricicek Datum: 09.11.2023



Bezeichnung:	Dammschüttung	Dammschüttung	Verwitterungslehm
Entnahmestelle:	KRB 2 + KRB 3	KRB 2 + KRB 3	KRB 1 - KRB 4
Tiefe:	0.7 m - 1.8 m	1.6 m - 4.4 m	1.8 m - 6.9 m
Bodenart:	U, t', g', fs'	S, u, t', fg', mg'	U, t', fs', ms', gg'
Bodengruppe:	[TL]	[ST*]	TM
T/U/S/G [%]:	13.4/63.9/17.6/5.1	7.8/31.0/43.5/17.7	10.7/44.2/33.1/12.0
Cu/Cc:	-/-	54.6/1.2	53.8/0.8
Frostsicherheit:	F3	F3	F3
Durchlässigkeit k [m/s]:	-	1.9 · 10 ⁻⁷ USBR	3.0 · 10 ⁻⁸ USBR
Signatur	○—○	×—×	□—□

Bemerkungen:

Bericht: 23.038500.08
Anlage: 5.1



ABAG GmbH
Rotenbüschstr. 22 54533
Bettenfeld

Anlage 5.2.1

Projektnr.: 23.038500.08

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

ABAG GmbH

Mechernich-Bleibuir, Laubergraben 23.038500.08

Bearbeiter: E. Kohse

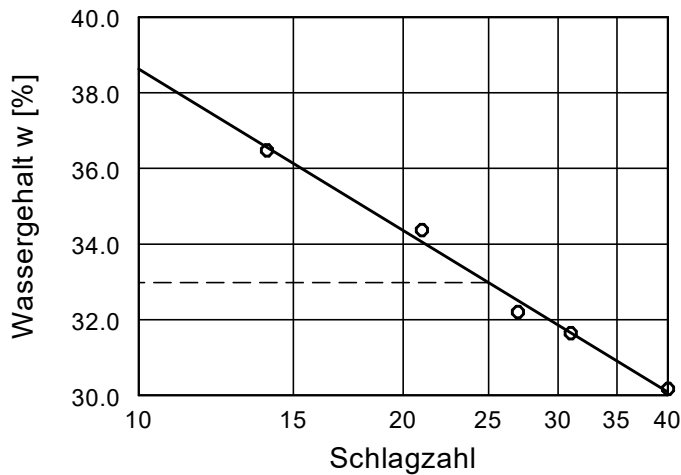
Datum: 23.11.2023

Probe entnommen am: 26.10.2023

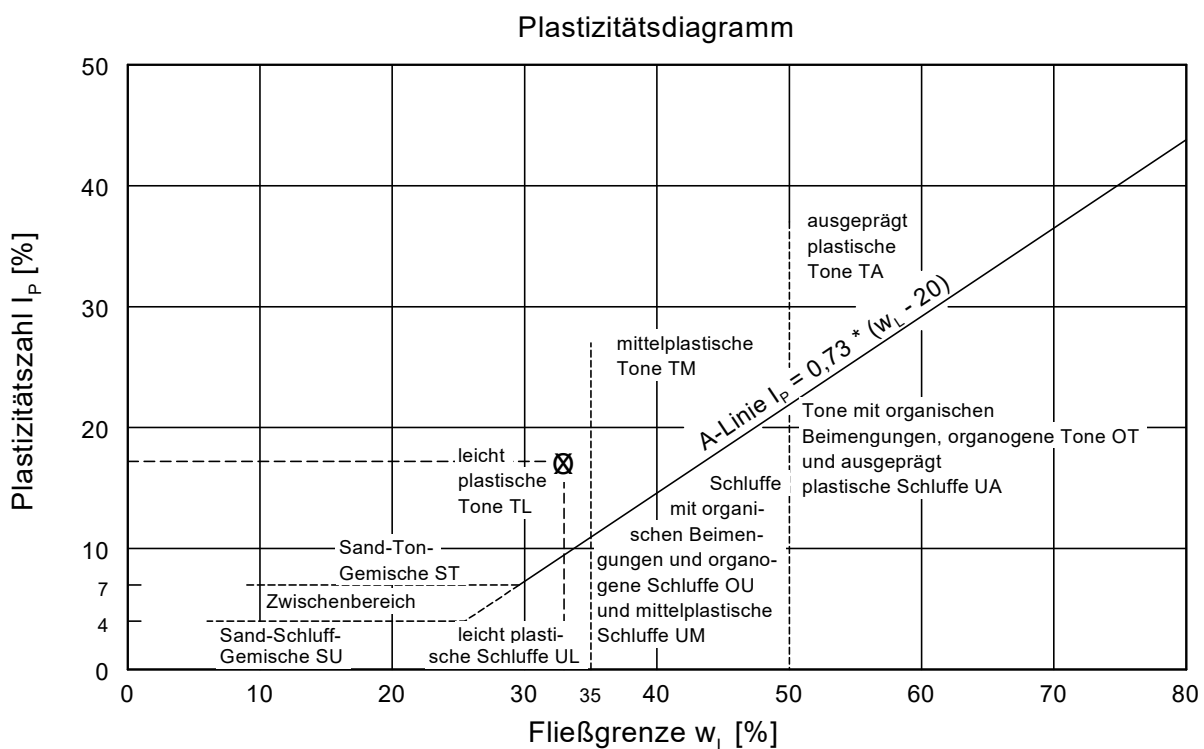
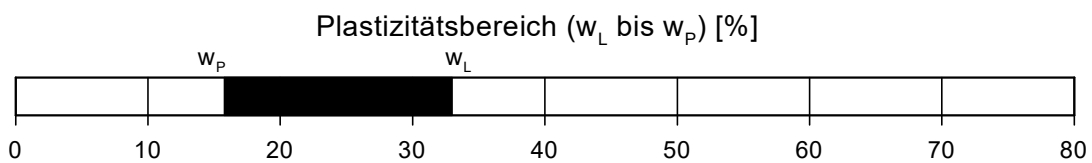
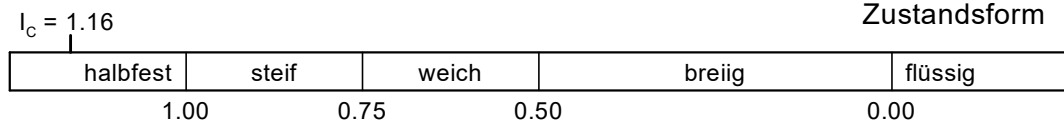
Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kleinrammbohrung

Bodenart: U, t', g', fs'



Wassergehalt $w = 12.9 \%$
Fließgrenze $w_L = 33.0 \%$
Ausrollgrenze $w_P = 15.8 \%$
Plastizitätszahl $I_P = 17.2 \%$
Konsistenzzahl $I_C = 1.16$





ABAG GmbH
Rotenbüschstr. 22 54533
Bettenfeld

Anlage 5.2.2
Projektnr.: 23.038500.08

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

ABAG GmbH

Mechernich-Glehn, Laubergraben 23.038500.08

Bearbeiter: E. Kohse

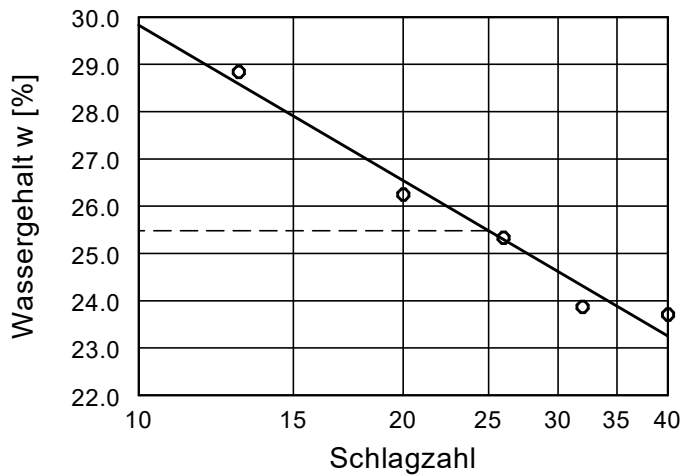
Datum: 23.11.2023

Probe entnommen am: 26.10.2023

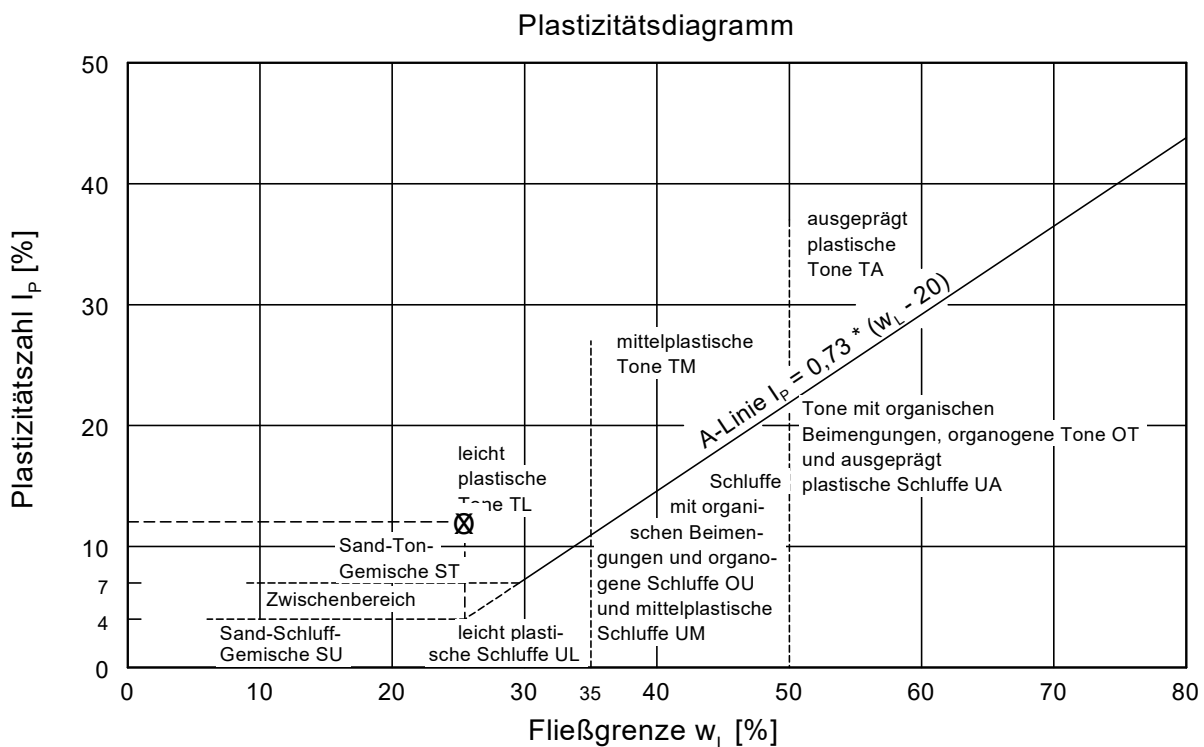
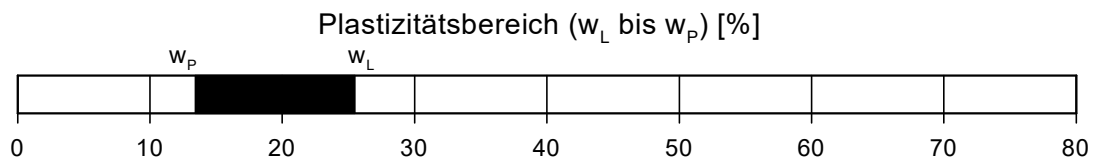
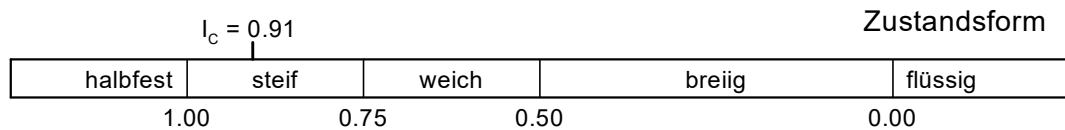
Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kleinrammbohrung

Bodenart: S, $\bar{u}$, t', fg', mg'



Wassergehalt w = 14.6 %
Fließgrenze w_L = 25.5 %
Ausrollgrenze w_P = 13.4 %
Plastizitätszahl I_p = 12.1 %
Konsistenzzahl I_c = 0.91





ABAG GmbH
Rotenbüschstr. 22 54533
Bettenfeld

Anlage 5.2.3
Projektnr.: 23.038500.08

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

ABAG GmbH

Mechernich-Glehn, Laubergraben 23.038500.08

Bearbeiter: E. Kohse

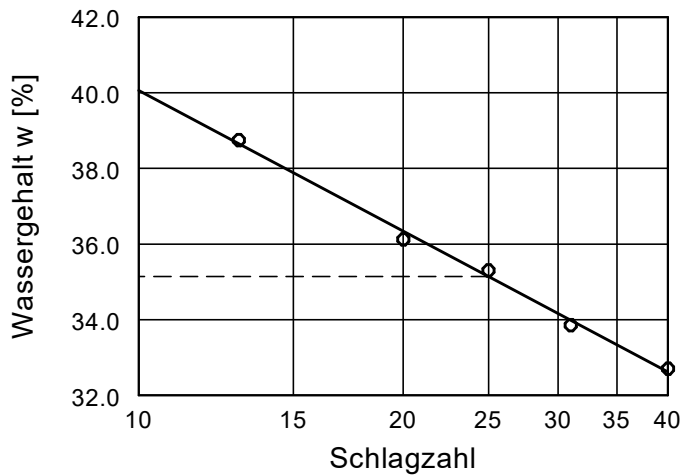
Datum: 23.11.2023

Probe entnommen am: 26.10.2023

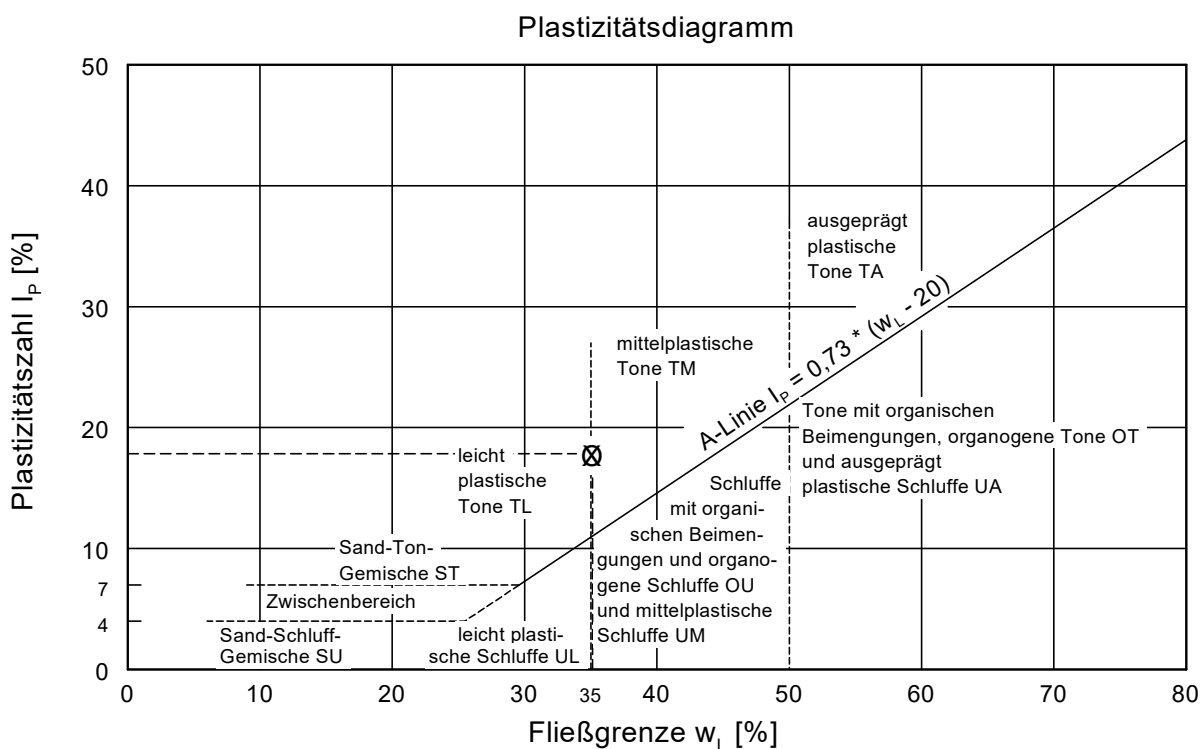
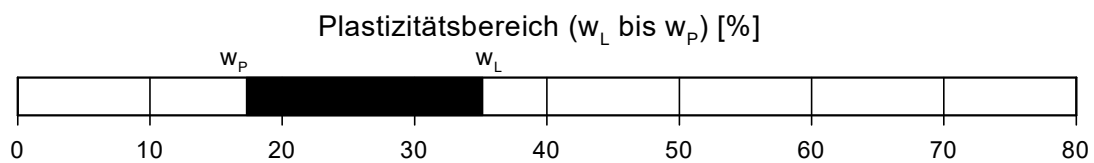
Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kleinrammbohrung

Bodenart: U, t', fs'



Wassergehalt w = 11.7 %
Fließgrenze w_L = 35.1 %
Ausrollgrenze w_P = 17.3 %
Plastizitätszahl I_P = 17.8 %
Konsistenzzahl I_C = 1.31





ABAG GmbH
Rotenbüschstr. 22
54533 Bettenfeld

Anlage 5.3.1
Projektnr.: 23.038500.08

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

ABAG GmbH

Mechernich-Glehn, Laubergraben 23.038500.08

Bearbeiter: A.Saricicek

Datum: 02.11.2023

Probe entnommen am: 26.10.2023

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kleinrammbohrung

Probenbezeichnung:	1/1	1/2
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1734.08	424.52
Trockene Probe + Behälter [g]:	1445.29	371.72
Behälter [g]:	155.67	148.02
Porenwasser [g]:	288.79	52.80
Trockene Probe [g]:	1289.62	223.70
Wassergehalt [%]:	22.39	23.60
Aufschluss / Tiefe:	KRB 1 / 0,0 - 1,6 m	KRB 1 / 1,6 - 0,8 m
Bodenart:	U, fs, t', h'	G + U, s

Probenbezeichnung:	2/3	2/4
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1289.83	1511.90
Trockene Probe + Behälter [g]:	1166.86	1340.95
Behälter [g]:	156.86	135.96
Porenwasser [g]:	122.97	170.95
Trockene Probe [g]:	1010.00	1204.99
Wassergehalt [%]:	12.18	14.19
Aufschluss / Tiefe:	KRB 2 / 0,7 - 1,8 m	KRB 2 / 1,8 - 3,9 m
Bodenart:	T, u	U, s, g

Probenbezeichnung:	2/5	2/6
Feuchte Probe + Behälter [g]:	446.10	300.36
Trockene Probe + Behälter [g]:	384.00	271.94
Behälter [g]:	91.20	96.75
Porenwasser [g]:	62.10	28.42
Trockene Probe [g]:	292.80	175.19
Wassergehalt [%]:	21.21	16.22
Aufschluss / Tiefe:	KRB 2 / 3,9 - 4,2 m	KRB 2 / 4,2 - 4,4 m
Bodenart:	T, u, g'	U, $\bar{g}$, s



ABAG GmbH
Rotenbüschstr. 22 54533
Bettenfeld

Anlage 5.3.2
Projektnr.: 23.038500.08

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

ABAG GmbH

Mechernich-Glehn, Laubergraben 23.038500.08

Bearbeiter: A.Saricicek

Datum: 02.11.2023

Probe entnommen am: 26.10.2023

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kleinrammbohrung

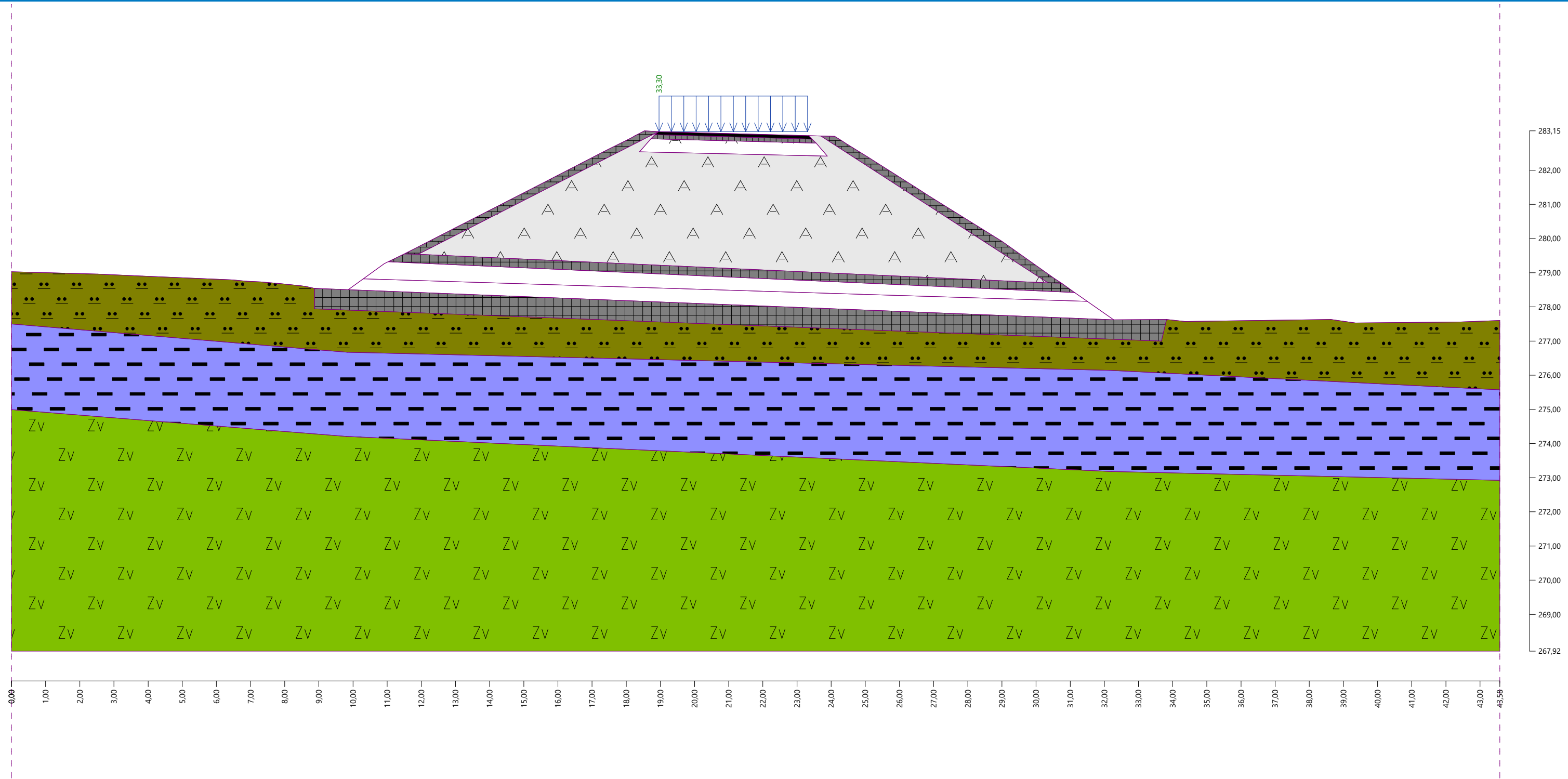
Probenbezeichnung:	2/7	3/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	810.51	1088.72
Trockene Probe + Behälter [g]:	731.36	974.18
Behälter [g]:	136.53	150.70
Porenwasser [g]:	79.15	114.54
Trockene Probe [g]:	594.83	823.48
Wassergehalt [%]:	13.31	13.91
Aufschluss / Tiefe:	KRB 2 / 4,4 - 5,9 m	KRB 3 / 0,9 - 1,6 m
Bodenart:	T, u, g	T, u, g

Probenbezeichnung:	3/4	3/5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1389.25	1332.23
Trockene Probe + Behälter [g]:	1239.67	1112.03
Behälter [g]:	242.56	143.80
Porenwasser [g]:	149.58	220.20
Trockene Probe [g]:	997.11	968.23
Wassergehalt [%]:	15.00	22.74
Aufschluss / Tiefe:	KRB 3 / 1,6 - 4,4	KRB 3 / 4,4 - 6,5 m
Bodenart:	U, s, g	U, fs', lokal g, h'

Probenbezeichnung:	4/2	4/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1071.31	1223.15
Trockene Probe + Behälter [g]:	941.76	1117.53
Behälter [g]:	151.28	159.20
Porenwasser [g]:	129.55	105.62
Trockene Probe [g]:	790.48	958.33
Wassergehalt [%]:	16.39	11.02
Aufschluss / Tiefe:	KRB 4.2 / 0,4 - 1,3 m	KRB 4.2 / 1,3 - 2,9
Bodenart:	U, fs, t'	ZV: T, u, g'

Name :

Phase : 1



Asphalt

Frostschuttschicht

Dammschüttung (verbessert)

Tallehm

Fels, verwittert

HGT

Steinstückung in Beton

Durchlass 1 x 1 m

Verwitterungston

	GEO5 Software GmbH Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben Gesamtstandsicherheit FEM
---	--	---

Berechnung mithilfe der Finite-Elemente-Methode

Topologie

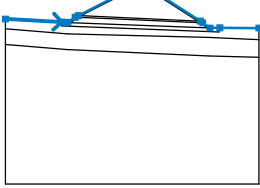
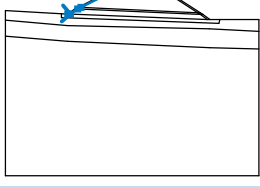
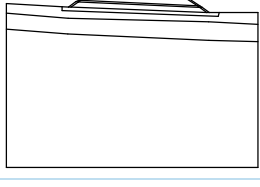
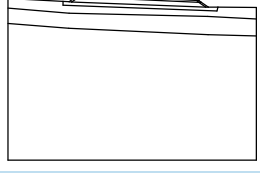
Projekt

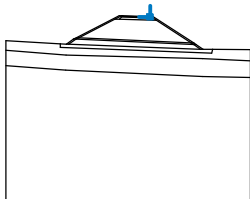
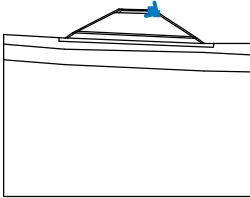
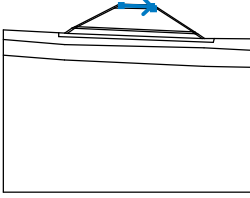
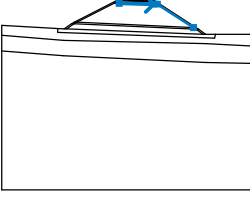
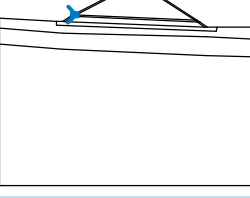
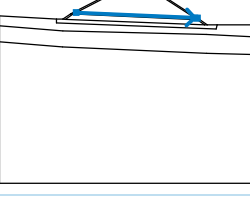
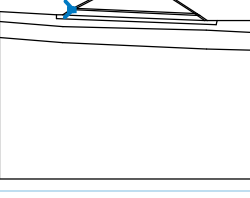
Projekt : Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
 Teil : Gesamtstandsicherheit FEM
 Beschreibung : Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
 Kunde : ABAG GmbH - Marcus Volker
 Verfasst von : Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
 Datum : 30.04.2024
 Auftragsnummer : 080923

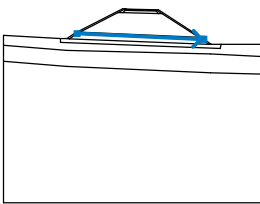
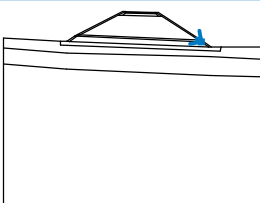
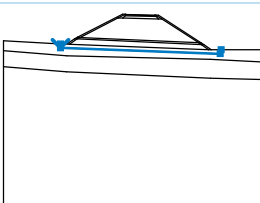
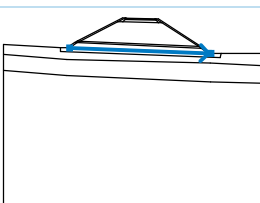
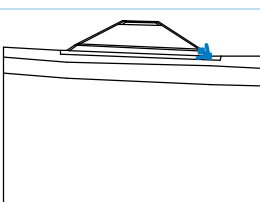
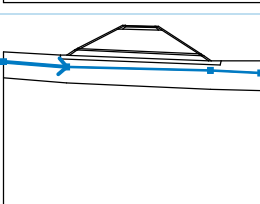
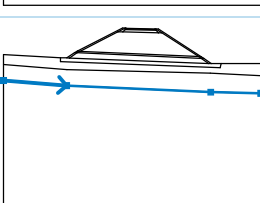
Gesamteinstellung der Berechnung

Aufgabengeometrie : Eben
 Berechnungstyp : Böschungsbruch
 Wasser mithilfe der Berechnung der stationären Strömung eingeben : nein
 Betonbauten : EN 1992-1-1 (EC2)
 Detailparameter der Netzerzeugung : nein
 Detailbodenparameter : nein
 Erweiterte Bodenmodelle : nein
 Detaillierte Ergebnisse : ja

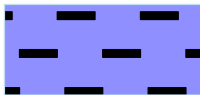
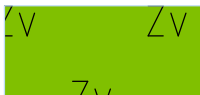
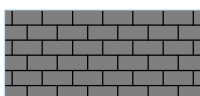
Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	279,03	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		40,00	277,61				
2		9,86	278,50	10,27	278,47	11,44	279,30
		11,91	279,54	17,78	282,54	18,94	283,13
3		17,78	282,54	18,58	282,54	18,90	282,91
		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		19,02	283,03	23,62	282,91	23,74	282,79

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
5		23,52	283,01	23,62	282,91		
6		23,70	283,00	24,61	282,41		
7		18,90	282,91	23,74	282,79	24,07	282,41
8		18,58	282,54	24,07	282,41	24,61	282,41
		30,35	278,70				
9		11,50	279,55	11,91	279,54		
10		11,91	279,54	30,35	278,70	30,75	278,69
11		11,03	279,32	11,44	279,30		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
12		11,44	279,30	30,73	278,43	31,13	278,42
13		30,35	278,70	30,73	278,43		
14		8,87	278,54	8,87	277,94	33,67	277,00
		33,82	277,63				
15		10,27	278,47	31,87	277,63	32,27	277,62
16		30,73	278,43	31,87	277,63		
17		0,00	277,50	9,83	276,67	32,16	276,14
		40,00	275,75				
18		0,00	274,99	9,80	274,21	32,21	273,18
		40,00	273,00				

Bodenparameter - Grunddaten

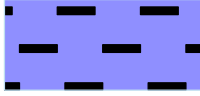
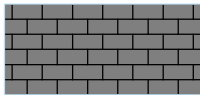
Nr.	Name	Probe	Y [kN/m³]	E [MPa]	v [-]
1	Tallehm		19,00	3,71	0,30
2	Verwitterungston		21,00	7,43	0,30
3	Fels, verwittert		23,00	83,33	0,25
4	Asphalt		25,00	270,00	0,20
5	HGT		22,00	270,00	0,20
6	Frostschuttschicht		20,00	50,00	0,25
7	Steinstückung in Beton		20,00	270,00	0,20
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00	33,33	0,25

Bodenparameter - Daten nach Modell

Nr.	Materialmodell	C _{ef} [kPa]	Φ _{ef} [°]	Ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	2,50	25,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	15,00	25,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	1,00	37,50	0,00
4	Mohr - Coulomb	250,00	35,00	0,00
5	Mohr - Coulomb	150,00	40,00	0,00
6	Mohr - Coulomb	1,00	35,00	0,00
7	Mohr - Coulomb	300,00	35,00	0,00
8	Mohr - Coulomb	60,00	30,00	0,00

Bodenparameter - Auftrieb

Nr.	Name	Probe	Y _{sat} [kN/m³]	Y _s [kN/m³]	n [-]
1	Tallehm		19,00		

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
2	Verwitterungston		21,00		
3	Fels, verwittert		23,00		
4	Asphalt		25,00		
5	HGT		24,00		
6	Frostschuttschicht		22,00		
7	Steinstückung in Beton		22,00		
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00		

Bodenparameter

Tallehm

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonzahl : $\nu = 0,30$
Elastizitätsmodul : $E = 3,71 \text{ MPa}$
Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 11,10 \text{ MPa}$
Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 2,50 \text{ kPa}$
Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Verwitterungston

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonzahl : $\nu = 0,30$
Elastizitätsmodul : $E = 7,43 \text{ MPa}$
Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 22,30 \text{ MPa}$
Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Fels, verwittert

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 83,33 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 250,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 37,50^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Asphalt

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 250,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

HGT

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Frostschuttschicht

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 50,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 150,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

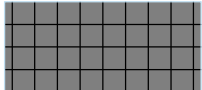
Steinstückung in Beton

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 300,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

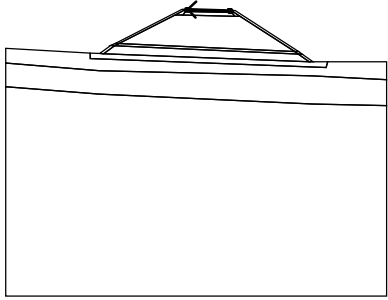
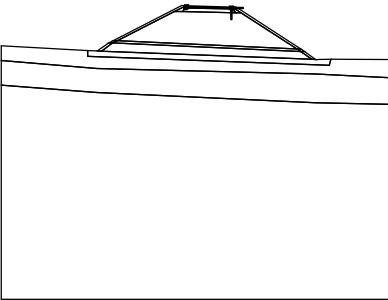
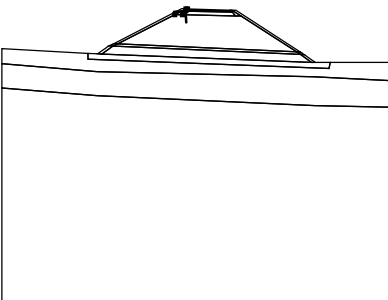
Dammschüttung (verbessert)

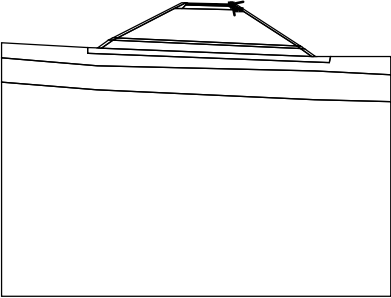
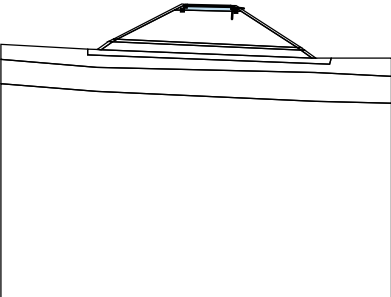
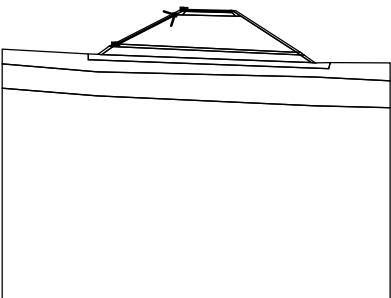
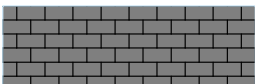
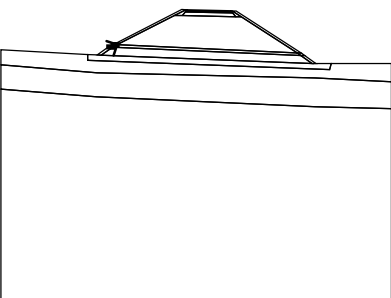
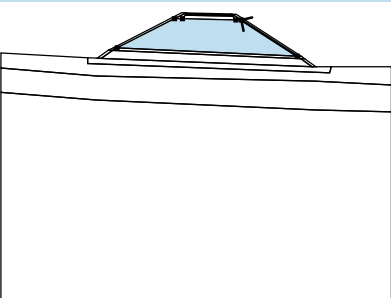
Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 33,33 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 100,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

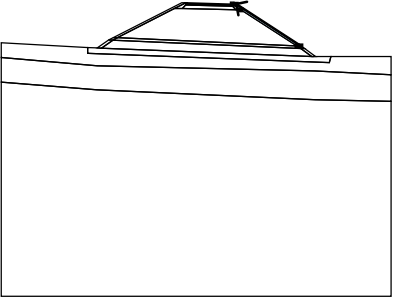
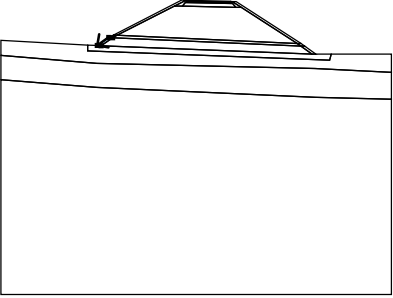
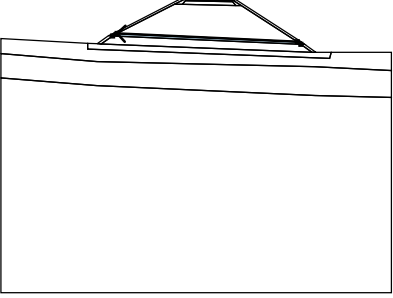
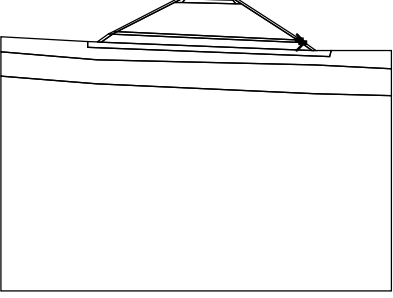
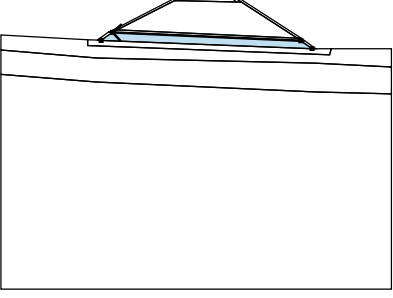
Starre Körper

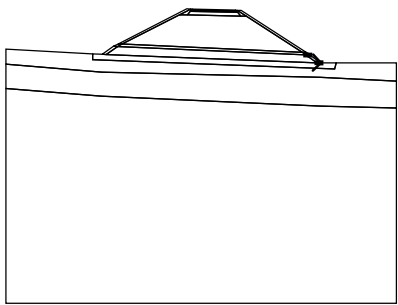
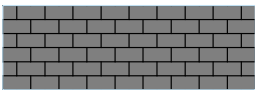
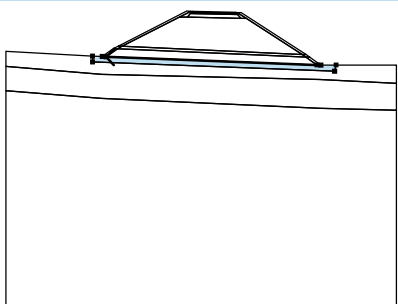
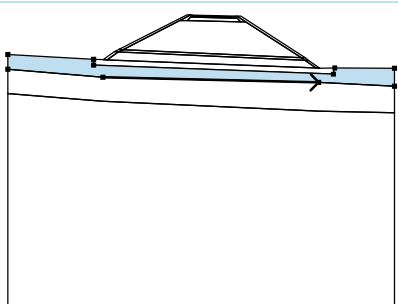
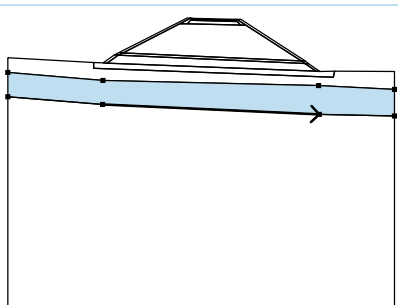
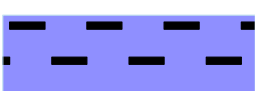
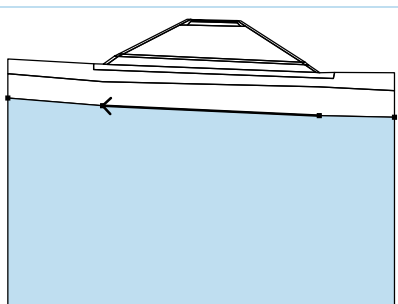
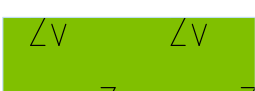
Nr.	Name	Probe	γ [kN/m³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,74	282,79	23,62	282,91	HGT 
		19,02	283,03	18,90	282,91	
3		18,58	282,54	18,90	282,91	Dammschüttung (verbessert) 
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	17,78	282,54	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
4		24,61	282,41	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
5		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht 
		18,90	282,91	18,58	282,54	
6		11,91	279,54	17,78	282,54	Steinstückung in Beton 
		18,94	283,13	18,53	283,15	
		11,50	279,55			
7		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m 
		11,50	279,55	11,03	279,32	
8		30,35	278,70	24,61	282,41	Dammschüttung (verbessert) 
		24,07	282,41	18,58	282,54	
		17,78	282,54	11,91	279,54	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
9		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton 
		23,70	283,00	24,61	282,41	
		30,35	278,70			
10		11,03	279,32	9,86	278,50	Steinstückung in Beton 
		10,27	278,47	11,44	279,30	
11		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
12		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
13		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
14		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
15		31,87	277,63	10,27	278,47	Dammschüttung (verbessert) 
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
		33,82	277,63	32,27	277,62	
16		9,83	276,67	32,16	276,14	Tallehm 
		40,00	275,75	40,00	277,61	
		33,82	277,63	33,67	277,00	
		8,87	277,94	8,87	278,54	
		0,00	279,03	0,00	277,50	
17		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		40,00	273,00	40,00	275,75	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		0,00	277,50	0,00	274,99	
18		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		0,00	274,99	0,00	253,00	
		40,00	253,00	40,00	273,00	

Linienverfeinerung

Nr.	Positionierung	Radius r [m]	Länge l [m]
1	Schnittstelle Nr. 8, Linie Nr. 1	10,00	0,50
2	Schnittstelle Nr. 14, Linie Nr. 2	10,00	0,50

Netzerzeugung

Parameter der Netzerzeugung

Kantenlänge der Elemente : 1,00 [m]

Netz glätten : ja

Mehr-Knoten-Elemente erzeugen : ja

Ergebnis der Netzerzeugung

Das Finite-Elemente-Netz wurde erfolgreich erzeugt.

Anzahl der Knoten 9278

Anzahl der Elemente 5555 (Flächen- 3459, Balken- 524, Übergangs- 1572)

Warnung

[W086] Der Netzpunkt (23,52; 283,01) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.

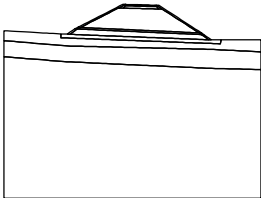
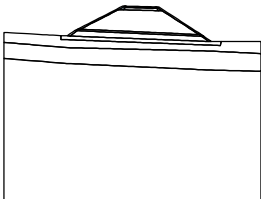
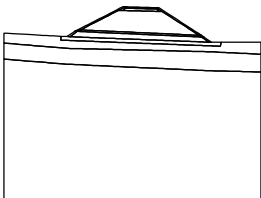
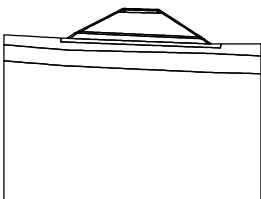
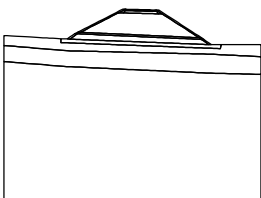
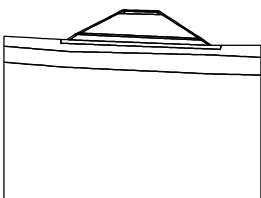
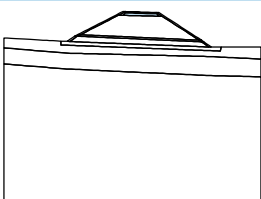
[W086] Der Netzpunkt (19,12; 283,12) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.

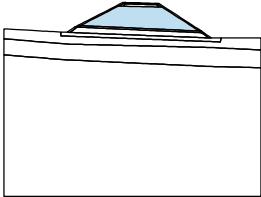
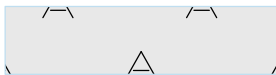
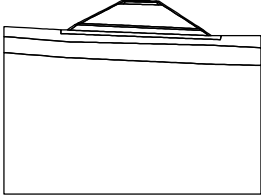
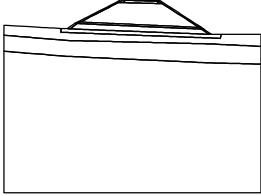
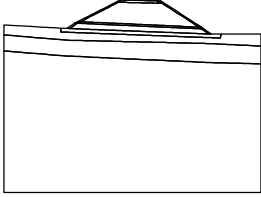
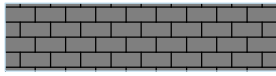
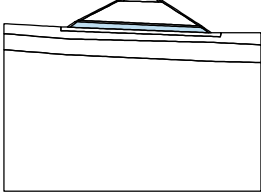
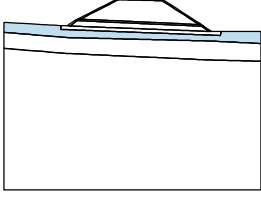
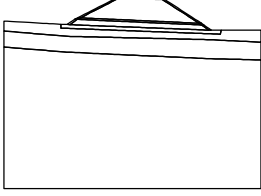
[W086] Der Netzpunkt (19,02; 283,03) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,12; 283,12) .. (18,94; 283,13)}.

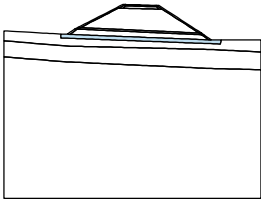
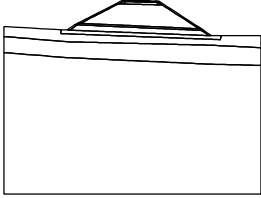
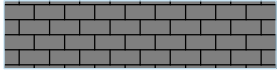
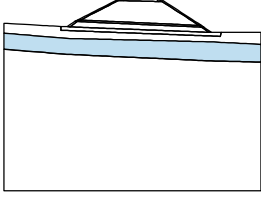
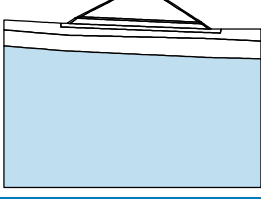
[W086] Der Netzpunkt (23,62; 282,91) liegt zu nahe zur Linie LI{(23,70; 283,00) .. (23,52; 283,01)}.

Eingangsdaten (Bauphase 10 - Endzustand mit Belastung SLW 60)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Steinstückung in Beton 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Steinstückung in Beton 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
10		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
11		Aktiv	Steinstückung in Beton
			
12		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
13		Aktiv	Tallehm
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
16		Aktiv	Steinstückung in Beton
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Böschungsbruch

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Reduktion der Bodenparameter :	c, f _i reduzieren
Ursprünglicher Reduktionsschritt :	0,90
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	ja

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Relaxationsfaktor des Reduktionsschrittes :	2
Höchstanzahl der Relaxationen des Reduktionsschrittes :	3
Minimaler Reduktionsschritt :	0,99

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 10 - Endzustand mit Belastung SLW 60)

Beiwert des Winkels der inneren Reibung : $\gamma_{M,\phi} = 1,25$

Beiwert der effektiven Kohäsion : $\gamma_{M,c} = 1,25$

Stabilitätsberechnung ist erfolgreich durchgelaufen.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Stabilitätsgrad FS = 1,23

Bodenparameter in der letzten abgeschlossenen Iteration		
Bereich Nummer	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	22,68	194,40
2	19,44	38,88
3	22,68	162,00
4	25,92	97,20
5	19,44	38,88
6	22,68	194,40
7	22,68	0,65
8	19,44	38,88
9		

Bodenparameter in der letzten abgeschlossenen Iteration

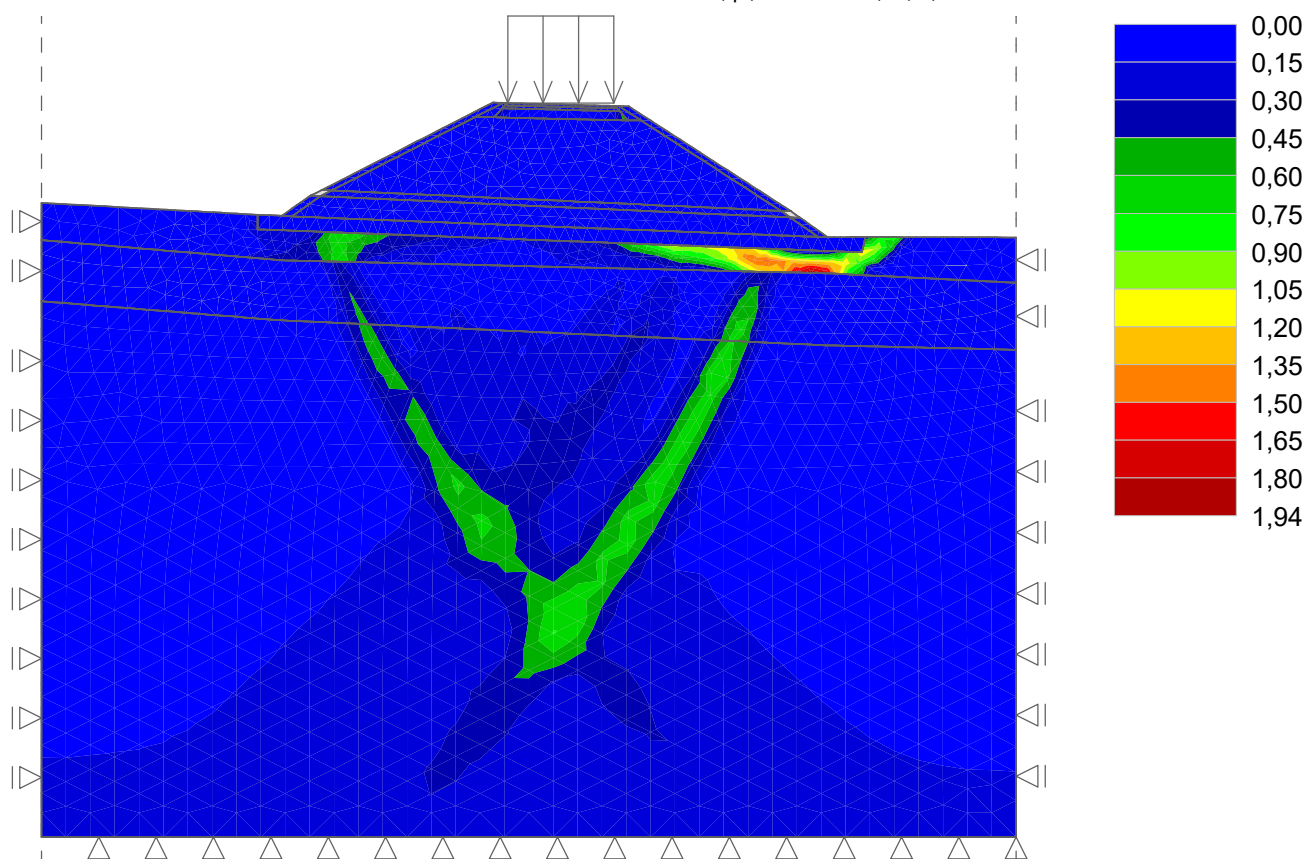
Bereich Nummer	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
10	19,44	38,88
11	22,68	194,40
12	19,44	38,88
13	16,20	1,62
14		
15	19,44	38,88
16	22,68	194,40
17	16,20	9,72
18	24,30	0,65

Die maximale Anzahl von Relaxationen des Reduktionsschrittes wurde überschritten.

Name : Berechnung Gesamtstandsicherheitsfaktor Phi-c-Reduktion

Phase : 10

Ergebnisse : gesamt; Größe : Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$; Bereich : <0,00; 1,94> %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-9,6	15,13	266,55	7,0
Verformung z [mm]	15,13	266,55	0,0	22,50	279,48	25,0

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Keine Werte wurden berechnet						

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	11,50	279,55	0,00	31,61	276,15	1,94
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	21,01	261,36	-0,36	34,27	277,16	0,48
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,27	277,16	-0,48	21,01	261,36	0,40
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	31,61	276,15	-1,93	12,45	277,80	0,78
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	33,17	277,02	-0,03	35,06	277,63	0,00

Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Keine Werte wurden berechnet			

	GEO5 Software GmbH Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben Böschungsbruch DIN 4084 BS-E Seite 1/23
---	--	--

Böschungsstabilität

Eingangsdaten (Bauphase 1 - BS-E Damm - Böschung landseitig)

Projekt

Projekt : Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
 Teil : Böschungsbruch DIN 4084 BS-E
 Beschreibung : Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
 Kunde : ABAG GmbH - Marcus Volker
 Verfasst von : Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
 Datum : 30.04.2024
 Auftragsnummer : 080923

Einstellung

Deutschland - DIN 1054

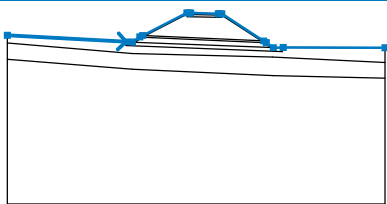
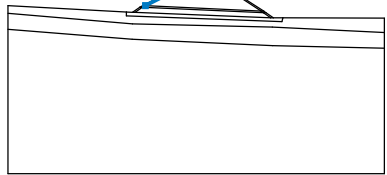
Stabilitätsberechnungen

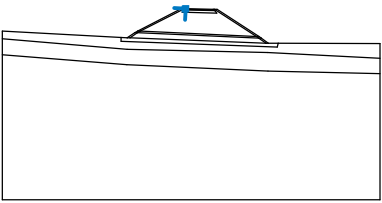
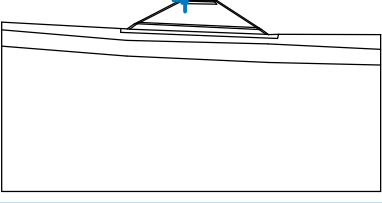
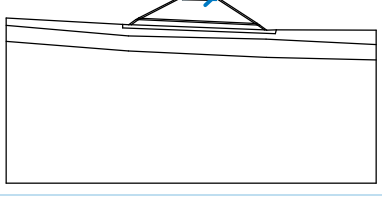
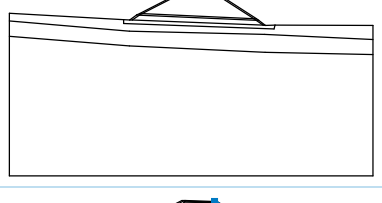
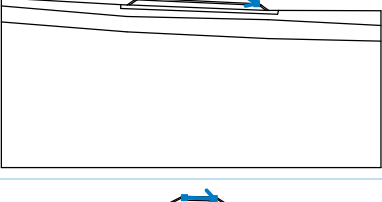
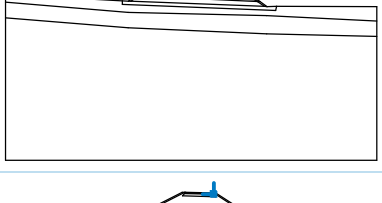
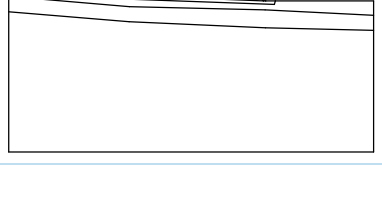
Beurteilungsmethodik : Berechnung nach DIN 1054
 Erdbebenberechnung : Standard

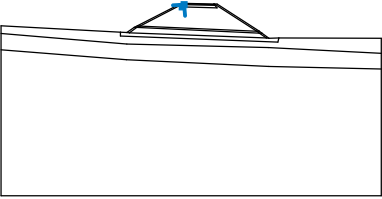
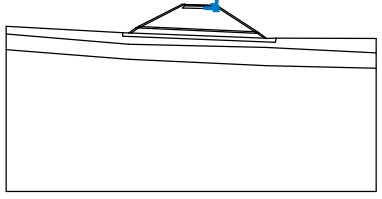
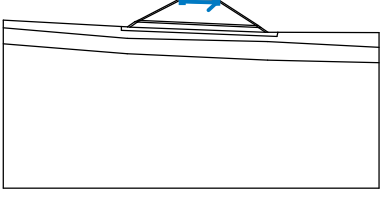
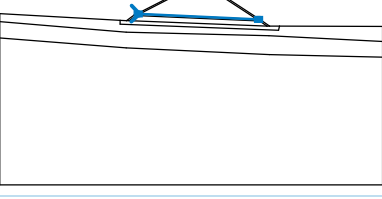
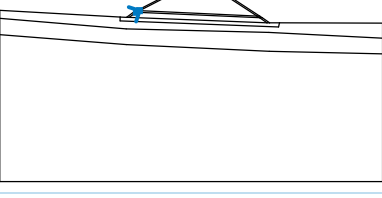
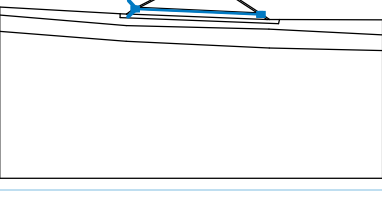
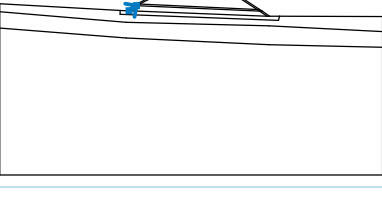
Teilsicherheitsbeiwerte für Beanspruchungen (F)				
Bemessungssituation: Erdbeben (BS-E)				
		Ungünstig	Günstig	
Ständige Einwirkung :	$\gamma_G =$	1,00 [-]	1,00	[-]
Veränderliche Einwirkung :	$\gamma_Q =$	1,00 [-]	0,00	[-]
Wasserdruck :	$\gamma_w =$	1,00 [-]		

Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkenngrößen (M)				
Bemessungssituation: Erdbeben (BS-E)				
Beiwert des Winkels der inneren Reibung :	$\gamma_\phi =$	1,10	[-]	
Beiwert der effektiven Kohäsion :	$\gamma_c =$	1,10	[-]	
Reduktionsbeiwert der undrän. Scherfestigkeit :	$\gamma_{cu} =$	1,10	[-]	

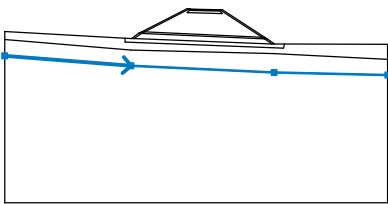
Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	279,58	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		50,00	277,58				
2		11,91	279,54	18,94	283,13		

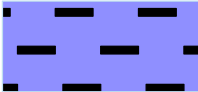
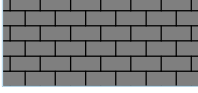
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		18,90	282,91	19,02	283,03		
5		19,02	283,03	23,62	282,91		
6		23,52	283,01	23,62	282,91		
7		23,70	283,00	30,35	278,70		
8		18,90	282,91	23,74	282,79		
9		23,62	282,91	23,74	282,79		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
10		18,58	282,54	18,90	282,91		
11		23,74	282,79	24,07	282,41		
12		18,58	282,54	24,07	282,41		
13		11,50	279,55	11,91	279,54	30,35	278,70
		30,75	278,69				
14		11,44	279,30	11,91	279,54		
15		11,03	279,32	11,44	279,30	30,73	278,43
		31,13	278,42				
16		10,27	278,47	11,44	279,30		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
17		30,35	278,70	30,73	278,43		
18		8,87	278,54	8,87	277,94		
19		9,86	278,50	10,27	278,47	31,87	277,63
		32,27	277,62				
20		30,73	278,43	31,87	277,63		
21		-10,00	278,35	9,83	276,67	32,16	276,14
		50,00	275,25				
22		8,87	277,94	33,67	277,00		
23		33,67	277,00	33,82	277,63		

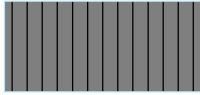
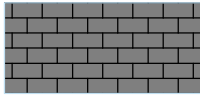
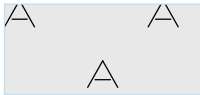
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
24		-10,00	275,79	9,80	274,21	32,21	273,18
		50,00	272,77				

Bodenparameter - effektiver Spannungszustand

Nr.	Name	Probe	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Tallehm		25,00	2,50	19,00
2	Verwitterungston		25,00	15,00	21,00
3	Fels, verwittert		37,50	1,00	24,00
4	Asphalt		35,00	250,00	25,00
5	HGT		40,00	150,00	22,00
6	Frostschuttschicht		35,00	0,00	20,00
7	Steinstückung in Beton		30,00	300,00	25,00
8	Dammschüttung (verbessert)		30,00	60,00	19,00

Bodenparameter - Auftrieb

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Tallehm		19,00		
2	Verwitterungston		21,00		

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
3	Fels, verwittert		24,00		
4	Asphalt		25,00		
5	HGT		22,00		
6	Frostschuttschicht		20,00		
7	Steinstückung in Beton		25,00		
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00		

Bodenparameter

Tallehm

Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 25,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 2,50 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Verwitterungston

Wichte : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 25,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 15,00 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Fels, verwittert

Wichte : $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 37,50^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 1,00 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Asphalt

Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb

Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 250,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

HGT

Wichte : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Frostschuttschicht

Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

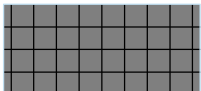
Steinstückung in Beton

Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 300,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Dammschüttung (verbessert)

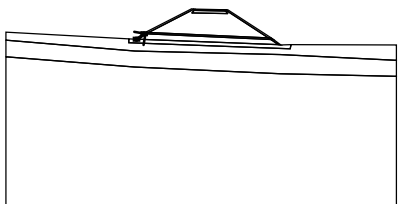
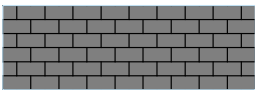
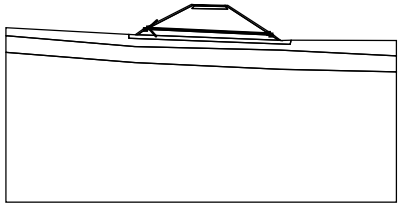
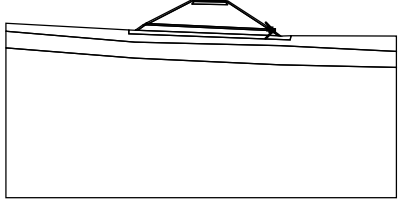
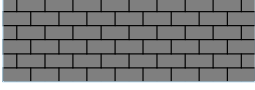
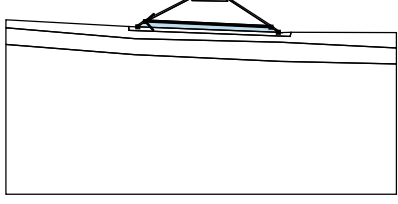
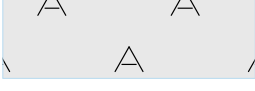
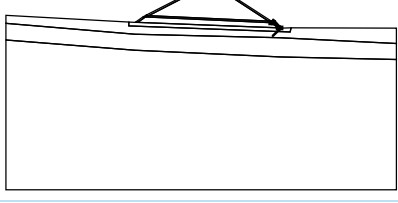
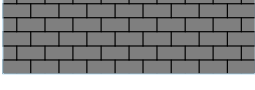
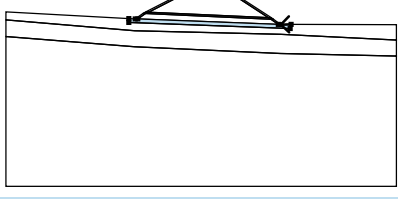
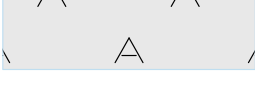
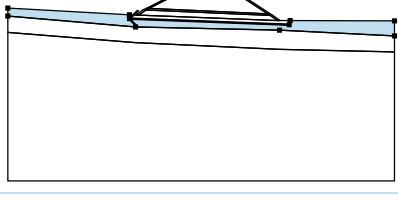
Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

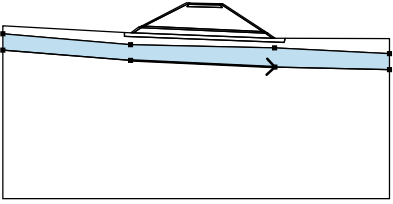
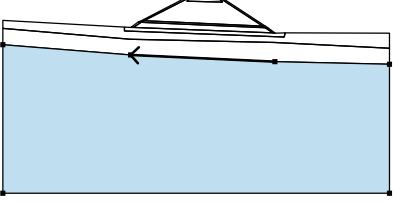
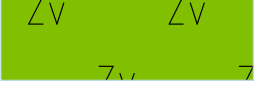
Starre Körper

Nr.	Name	Probe	γ [kN/m ³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschutzschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Steinstückung in Beton
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Steinstückung in Beton 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Steinstückung in Beton 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

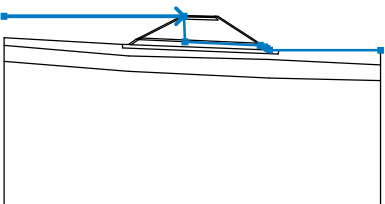
Nr.	Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q1, f, F, x	q2, z	Einheit
1	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Erdbeben

Faktor horizontaler Beschleunigung : $K_h = 0,0430$

Faktor vertikaler Beschleunigung : $K_v = 0,0142$

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : Erdbeben (BS-E)

Ergebnisse (Bauphase 1 - BS-E Damm - Böschung landseitig)

Berechnung 1 (Phase 1)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter

Mittelpunkt :	x =	29,55 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-66,54 [°]
	z =	287,71 [m]		$\alpha_2 =$	28,82 [°]
Radius :	R =	11,51 [m]			

Gleitfläche nach der Optimierung.

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 963,54 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 439,75 \text{ kN/m}$

Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 807,42 \text{ kN/m}$

Böschungsmoment : $M_a = 5061,54 \text{ kNm/m}$

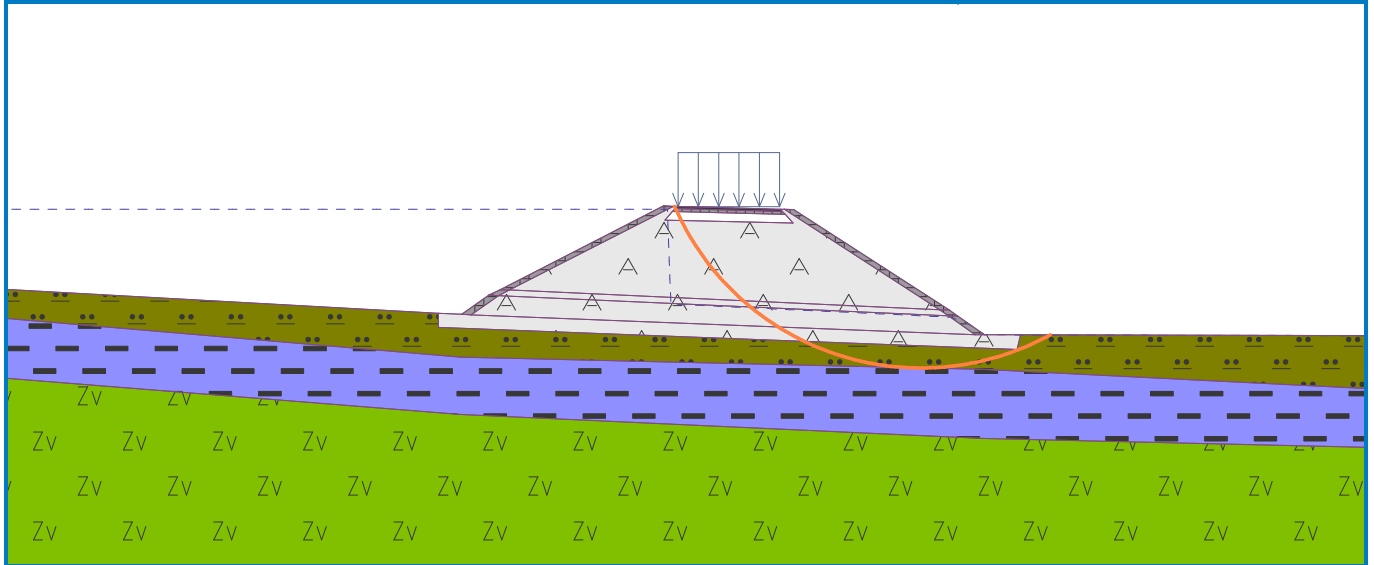
Widerstandsmoment : $M_p = 9293,44 \text{ kNm/m}$

Ausnutzung : 54,5 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

Name : BS-E Damm - Böschung landseitig

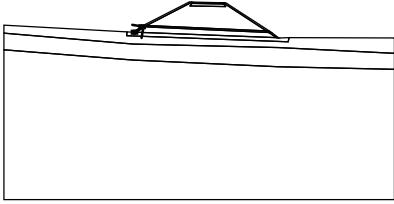
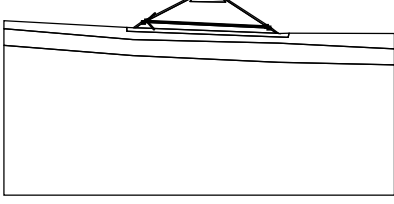
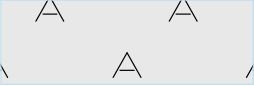
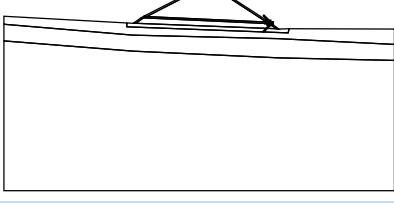
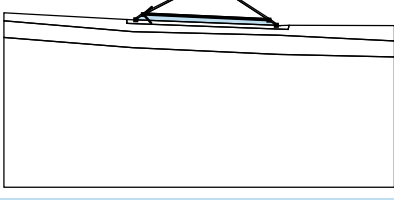
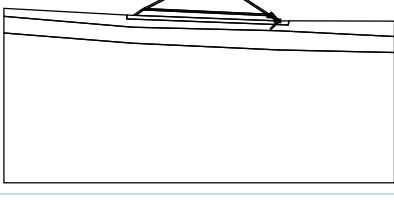
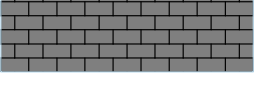
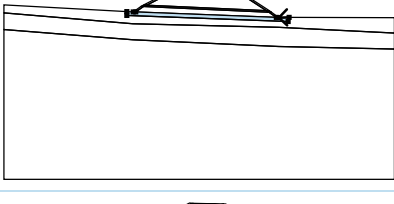
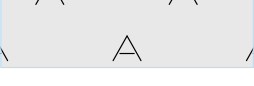
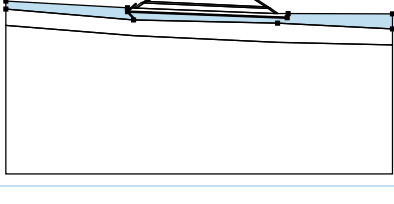
Phase - Berechnung : 1 - 1



Eingangsdaten (Bauphase 2 - BS-E Damm - Böschung wasserseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Steinstückung in Beton
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Steinstückung in Beton 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Steinstückung in Beton 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Faktor horizontaler Beschleunigung : $K_h = 0,0430$

Faktor vertikaler Beschleunigung : $K_v = 0,0142$

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : Erdbeben (BS-E)

Ergebnisse (Bauphase 2 - BS-E Damm - Böschung wasserseitig)

Berechnung 1 (Phase 2)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter					
Mittelpunkt :	x =	13,37 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-34,60 [°]
	z =	288,22 [m]		$\alpha_2 =$	63,30 [°]
Radius :	R =	11,62 [m]			
Gleitfläche nach der Optimierung.					

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 1041,12 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 268,76$ kN/m

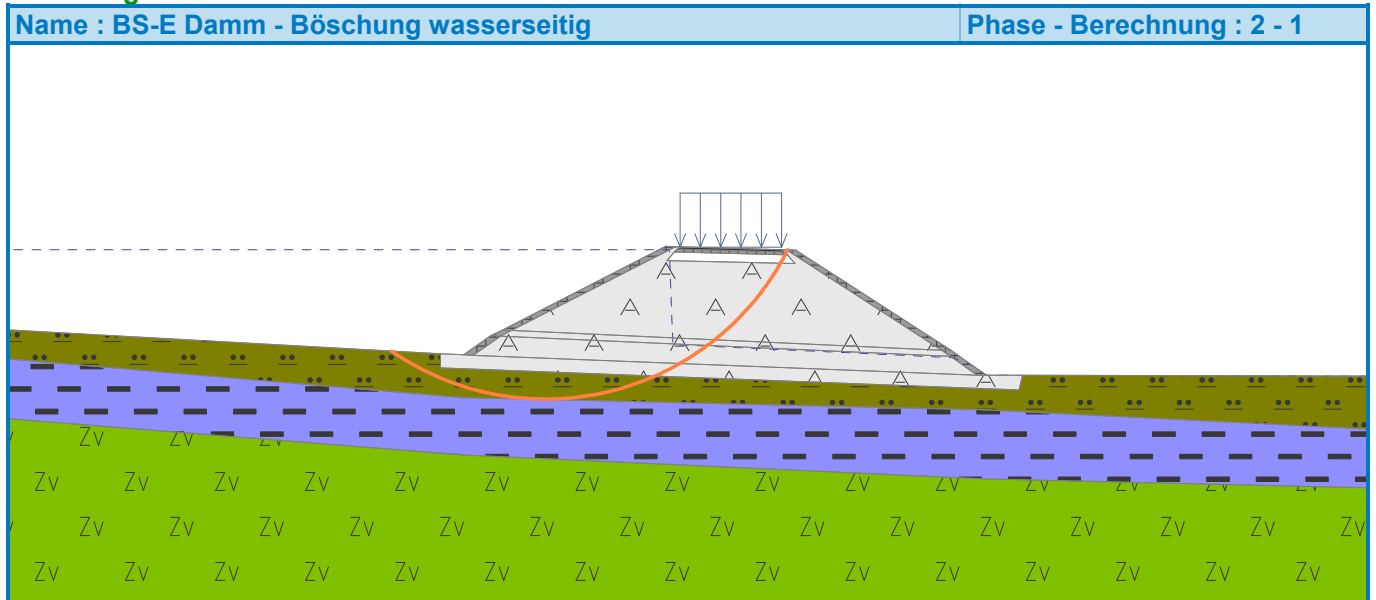
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 801,16$ kN/m

Böschungsmoment : $M_a = 3123,00$ kNm/m

Widerstandsmoment : $M_p = 9309,45$ kNm/m

Ausnutzung : 33,5 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT



Eingangsdaten (Bauphase 3 - BS-E Rohrdurchlass - Böschung landseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert)
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Durchlass 1 x 1 m
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Faktor horizontaler Beschleunigung : $K_h = 0,0430$

Faktor vertikaler Beschleunigung : $K_v = 0,0142$

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : Erdbeben (BS-E)

Ergebnisse (Bauphase 3 - BS-E Rohrdurchlass - Böschung landseitig)

Berechnung 1 (Phase 3)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter				
Mittelpunkt :	x =	26,26 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$ -13,09 [°]
	z =	369,67 [m]		$\alpha_2 =$ 9,52 [°]
Radius :	R =	93,35 [m]		
Gleitfläche nach der Optimierung.				

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 2224,90 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte: $F_a = 368,06 \text{ kN/m}$

Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 772,26 \text{ kN/m}$

Böschungsmoment : $M_a = 34358,85 \text{ kNm/m}$

Widerstandsmoment : $M_p = 72090,41 \text{ kNm/m}$

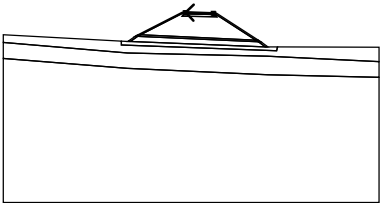
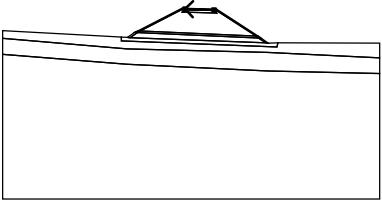
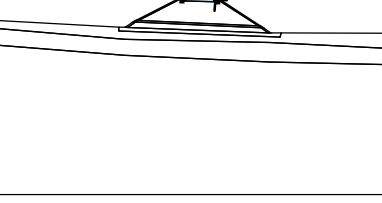
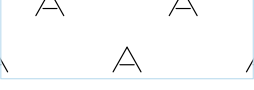
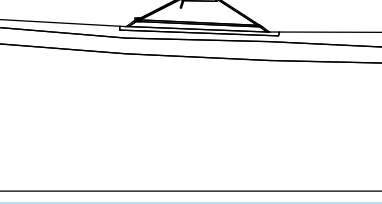
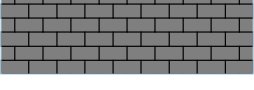
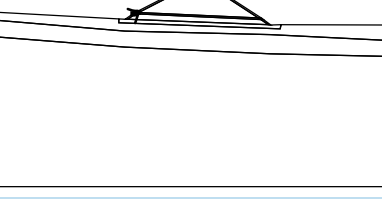
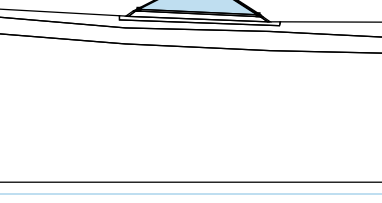
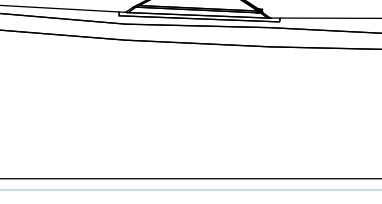
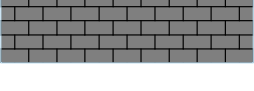
Ausnutzung : 47,7 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

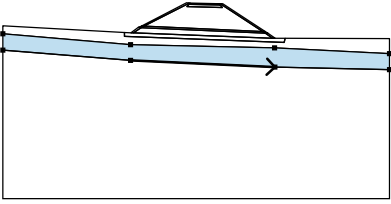
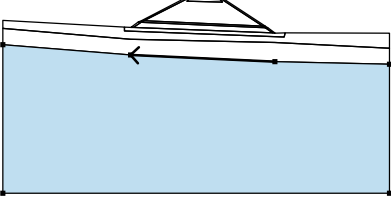
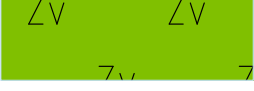
Name : BS-E Rohrdurchlass - Böschung landseitig	Phase - Berechnung : 3 - 1

Eingangsdaten (Bauphase 4 - BS-E Rohrdurchlass - Böschung wasserseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT 
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht 
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton 
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m 
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton 
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert)
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Durchlass 1 x 1 m
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

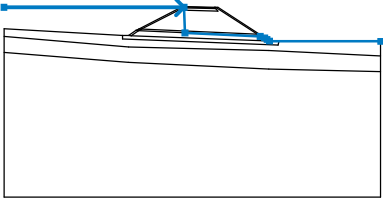
Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Faktor horizontaler Beschleunigung : $K_h = 0,0430$

Faktor vertikaler Beschleunigung : $K_v = 0,0142$

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : Erdbeben (BS-E)

Ergebnisse (Bauphase 4 - BS-E Rohrdurchlass - Böschung wasserseitig)

Berechnung 1 (Phase 4)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter					
Mittelpunkt :	x =	16,02 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-23,88 [°]
	z =	287,91 [m]		$\alpha_2 =$	55,13 [°]
Radius :	R =	8,55 [m]			
Gleitfläche nach der Optimierung.					

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 425,87 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 144,89$ kN/m

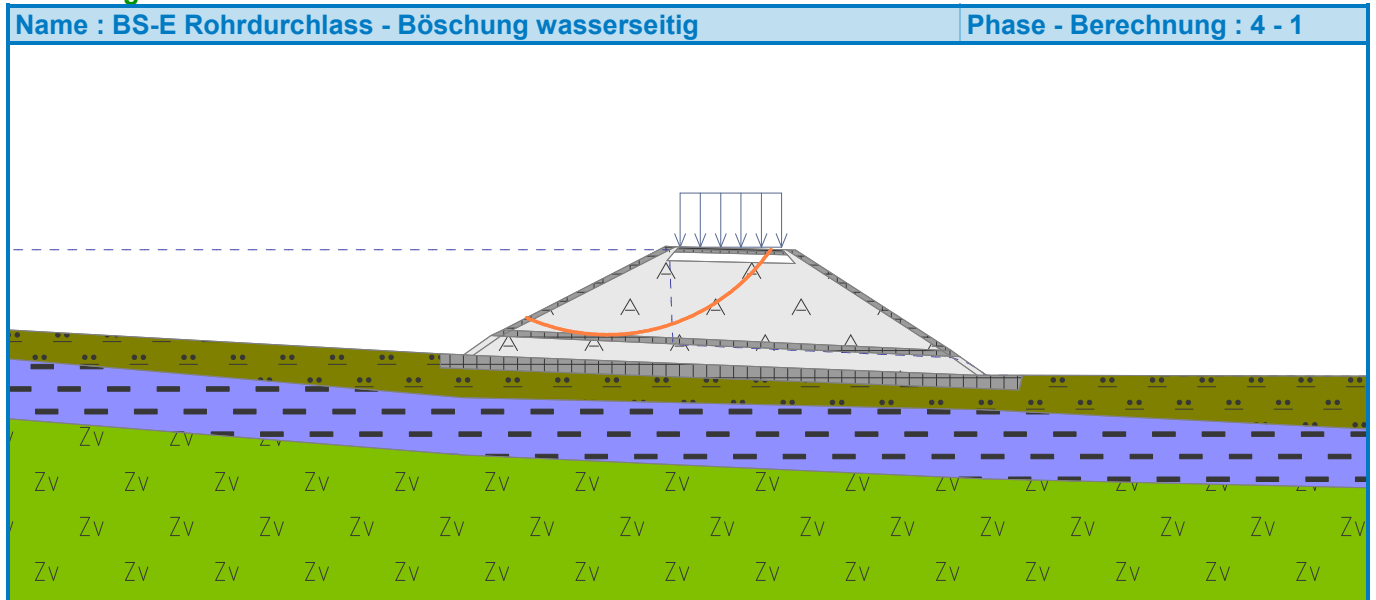
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 934,97$ kN/m

Böschungsmoment : $M_a = 1238,77$ kNm/m

Widerstandsmoment : $M_p = 7993,99$ kNm/m

Ausnutzung : 15,5 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT



	GEO5 Software GmbH	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
	Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Böschungsbruch DIN 4084 BS-A (A.1) Seite 1/23

Böschungsstabilität

Eingangsdaten (Bauphase 1 - BS-A A.1 Damm - Böschung landseitig)

Projekt

Projekt : Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
Teil : Böschungsbruch DIN 4084 BS-A (A.1)
Beschreibung : Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
Kunde : ABAG GmbH - Marcus Volker
Verfasst von : Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
Datum : 30.04.2024
Auftragsnummer : 080923

Einstellung

Deutschland - DIN 1054

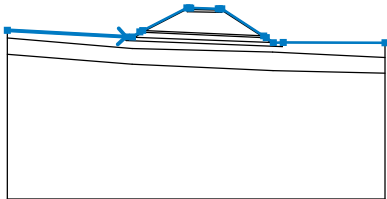
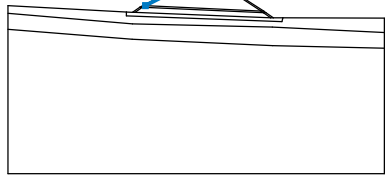
Stabilitätsberechnungen

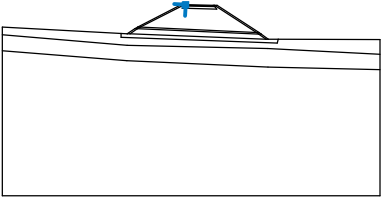
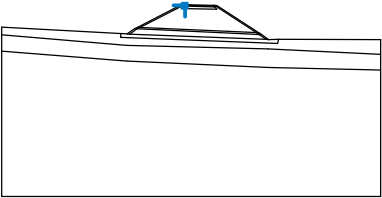
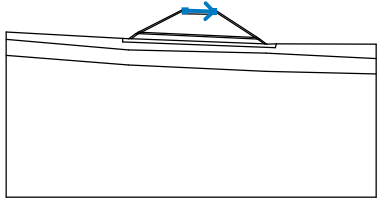
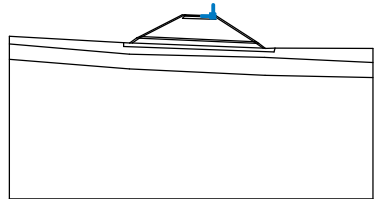
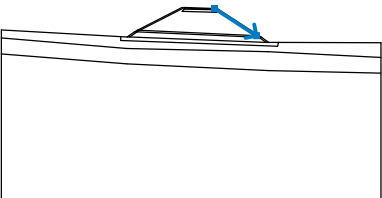
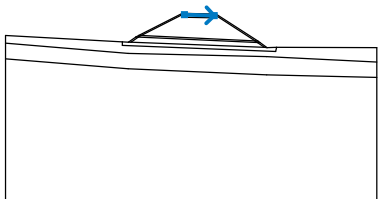
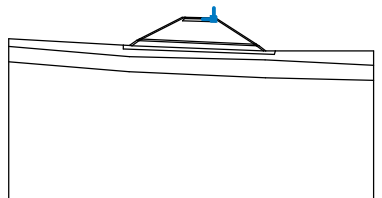
Beurteilungsmethodik : Berechnung nach DIN 1054
Erdbebenberechnung : Standard

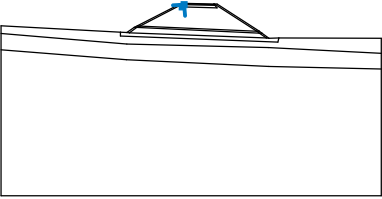
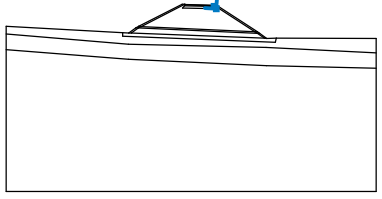
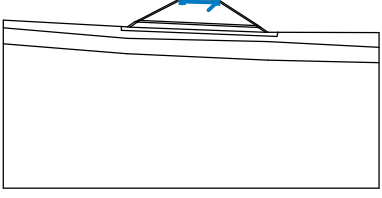
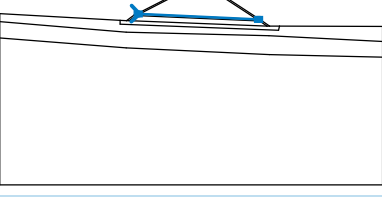
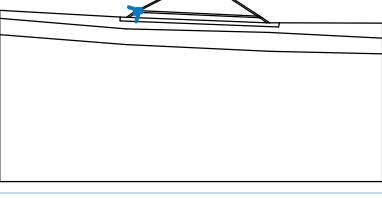
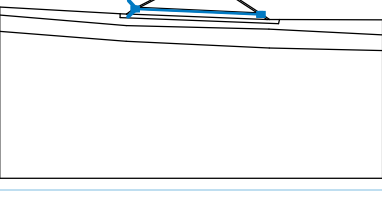
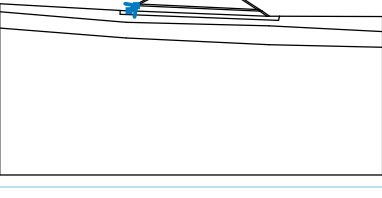
Teilsicherheitsbeiwerte für Beanspruchungen (F)			
Außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A)			
		Ungünstig	Günstig
Ständige Einwirkung :	$\gamma_G =$	1,00 [-]	1,00 [-]
Veränderliche Einwirkung :	$\gamma_Q =$	1,00 [-]	0,00 [-]
Wasserdruck :	$\gamma_w =$	1,00 [-]	

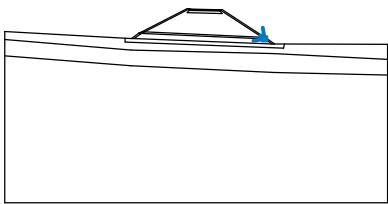
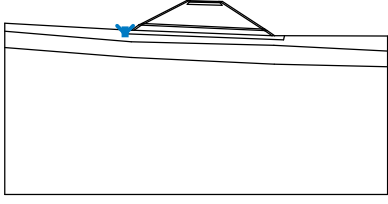
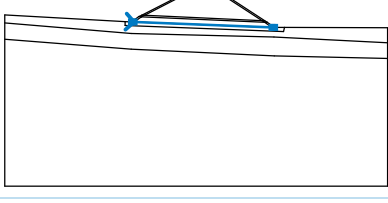
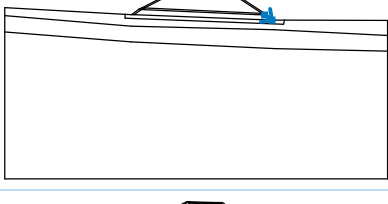
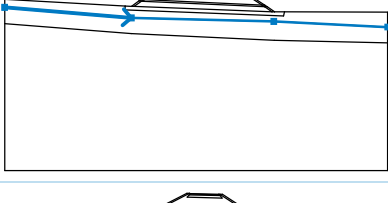
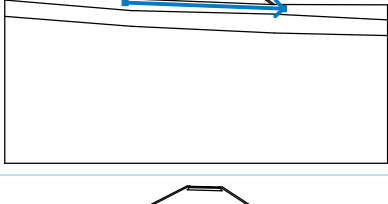
Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkenngrößen (M)			
Außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A)			
Beiwert des Winkels der inneren Reibung :	$\gamma_\phi =$	1,10 [-]	
Beiwert der effektiven Kohäsion :	$\gamma_c =$	1,10 [-]	
Reduktionsbeiwert der undrän. Scherfestigkeit :	$\gamma_{cu} =$	1,10 [-]	

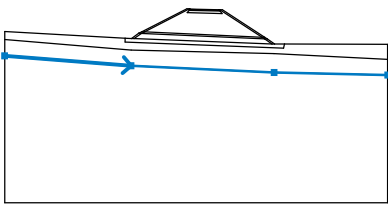
Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	279,58	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		50,00	277,58				
2		11,91	279,54	18,94	283,13		

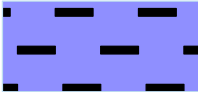
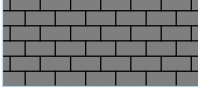
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		18,90	282,91	19,02	283,03		
5		19,02	283,03	23,62	282,91		
6		23,52	283,01	23,62	282,91		
7		23,70	283,00	30,35	278,70		
8		18,90	282,91	23,74	282,79		
9		23,62	282,91	23,74	282,79		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
10		18,58	282,54	18,90	282,91		
11		23,74	282,79	24,07	282,41		
12		18,58	282,54	24,07	282,41		
13		11,50	279,55	11,91	279,54	30,35	278,70
		30,75	278,69				
14		11,44	279,30	11,91	279,54		
15		11,03	279,32	11,44	279,30	30,73	278,43
		31,13	278,42				
16		10,27	278,47	11,44	279,30		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
17		30,35	278,70	30,73	278,43		
18		8,87	278,54	8,87	277,94		
19		9,86	278,50	10,27	278,47	31,87	277,63
		32,27	277,62				
20		30,73	278,43	31,87	277,63		
21		-10,00	278,35	9,83	276,67	32,16	276,14
		50,00	275,25				
22		8,87	277,94	33,67	277,00		
23		33,67	277,00	33,82	277,63		

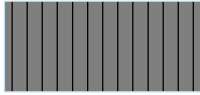
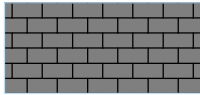
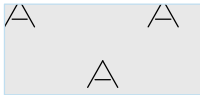
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
24		-10,00	275,79	9,80	274,21	32,21	273,18
		50,00	272,77				

Bodenparameter - effektiver Spannungszustand

Nr.	Name	Probe	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Tallehm		25,00	2,50	19,00
2	Verwitterungston		25,00	15,00	21,00
3	Fels, verwittert		37,50	1,00	24,00
4	Asphalt		35,00	250,00	25,00
5	HGT		40,00	150,00	22,00
6	Frostschuttschicht		35,00	0,00	20,00
7	Steinstückung in Beton		30,00	300,00	25,00
8	Dammschüttung (verbessert)		30,00	60,00	19,00

Bodenparameter - Auftrieb

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Tallehm		19,00		
2	Verwitterungston		21,00		

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
3	Fels, verwittert		24,00		
4	Asphalt		25,00		
5	HGT		22,00		
6	Frostschuttschicht		20,00		
7	Steinstückung in Beton		25,00		
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00		

Bodenparameter

Tallehm

Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 25,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 2,50 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Verwitterungston

Wichte : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 25,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 15,00 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Fels, verwittert

Wichte : $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 37,50^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 1,00 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Asphalt

Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb

Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 250,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

HGT

Wichte : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Frostschuttschicht

Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

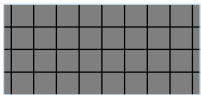
Steinstückung in Beton

Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 300,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

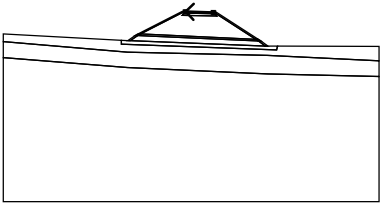
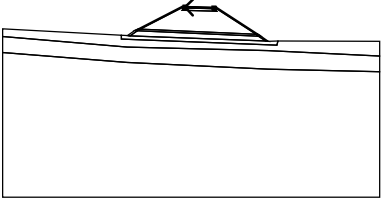
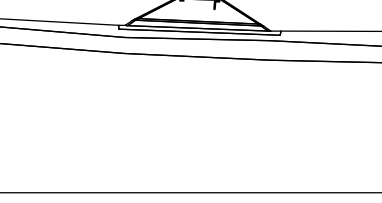
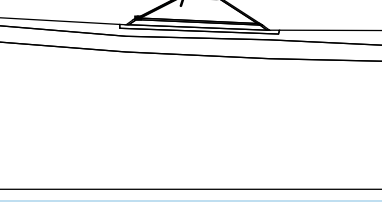
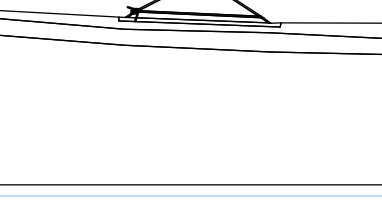
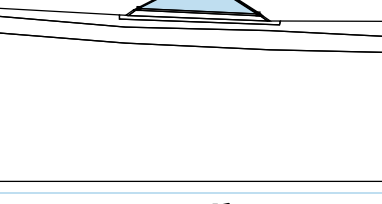
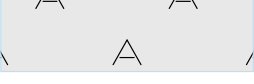
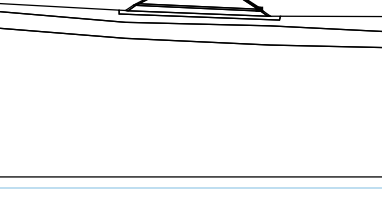
Dammschüttung (verbessert)

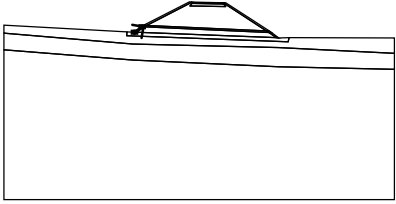
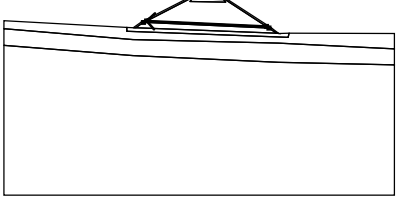
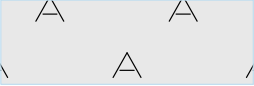
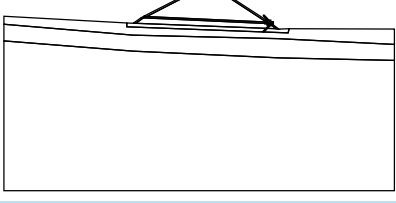
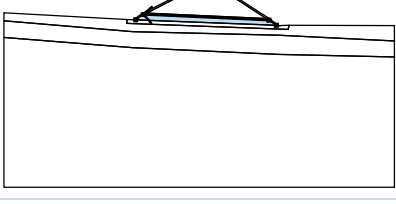
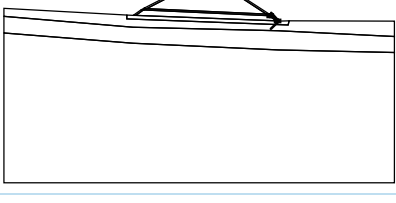
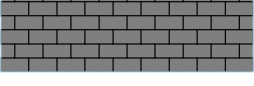
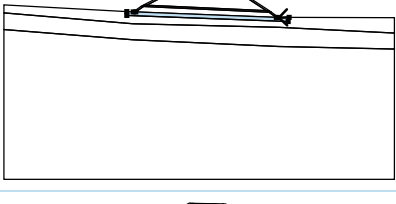
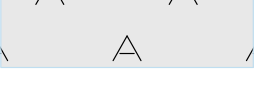
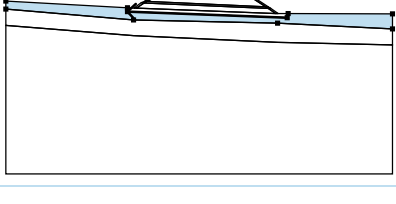
Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Starre Körper

Nr.	Name	Probe	γ [kN/m ³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT 
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht 
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton 
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Steinstückung in Beton 
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton 
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Steinstückung in Beton 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Steinstückung in Beton 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

Nr.	Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 1 - BS-A A.1 Damm - Böschung landseitig)

Berechnung 1 (Phase 1)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter

Mittelpunkt :	x =	29,55 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-66,54 [°]
	z =	287,71 [m]		$\alpha_2 =$	28,82 [°]
Radius :	R =	11,51 [m]			

Gleitfläche nach der Optimierung.

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 963,54 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 413,54 \text{ kN/m}$

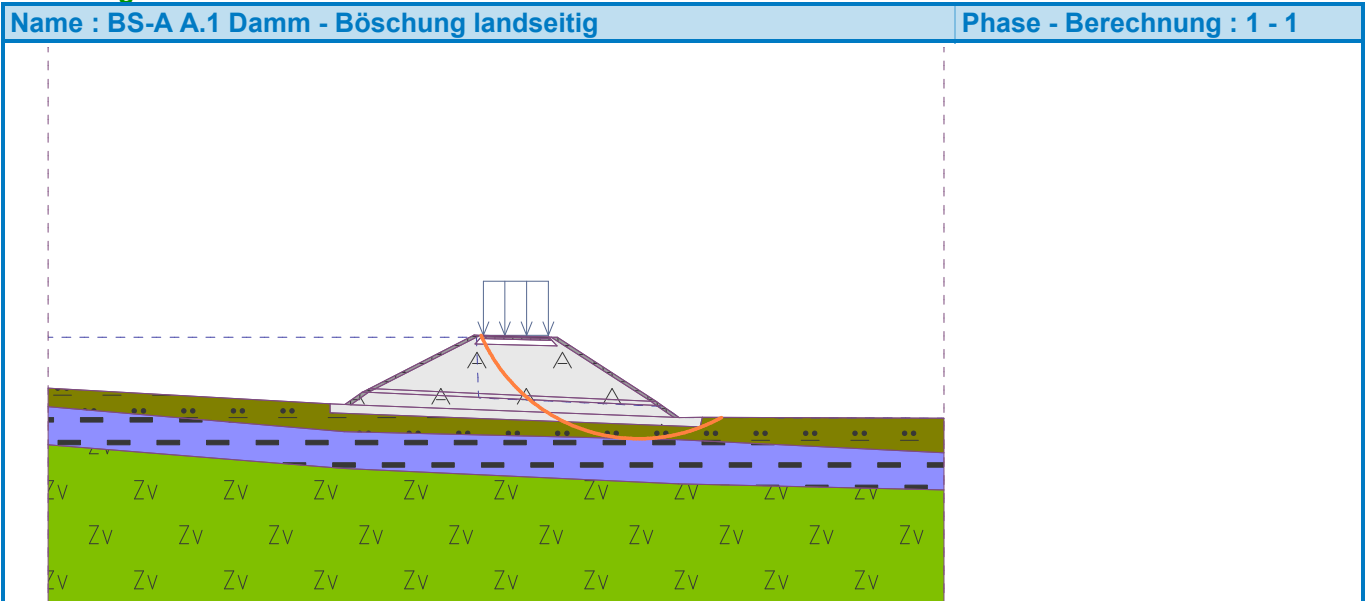
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 826,85 \text{ kN/m}$

Böschungsmoment : $M_a = 4759,86 \text{ kNm/m}$

Widerstandsmoment : $M_p = 9517,09 \text{ kNm/m}$

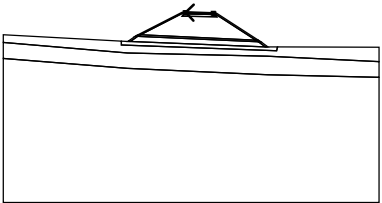
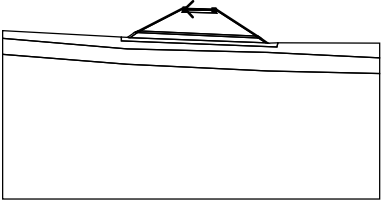
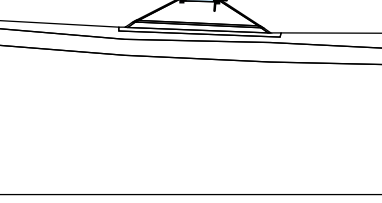
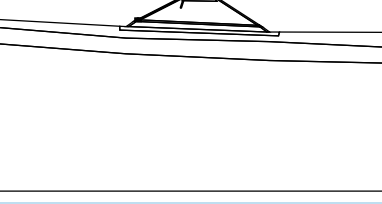
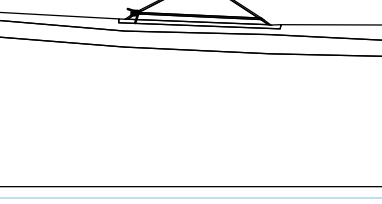
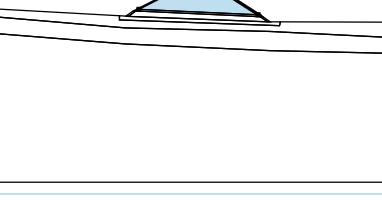
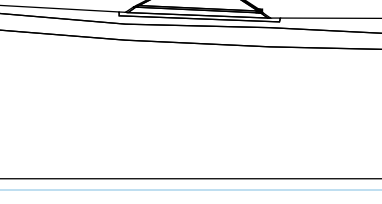
Ausnutzung : 50,0 %

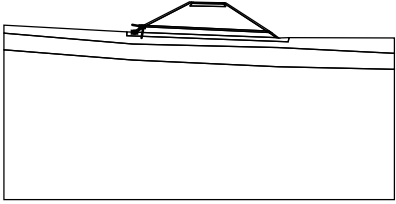
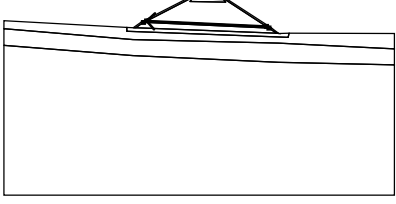
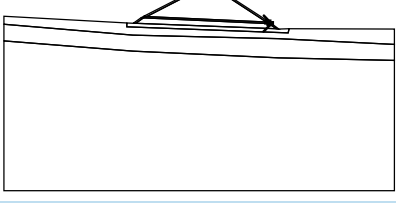
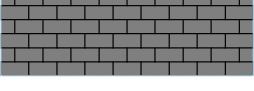
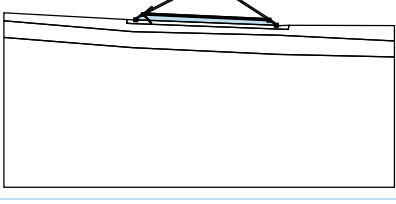
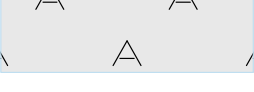
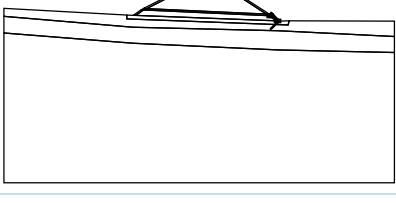
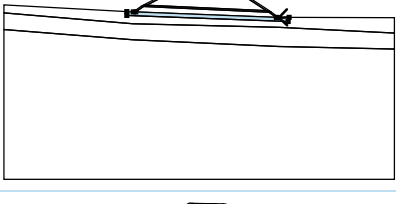
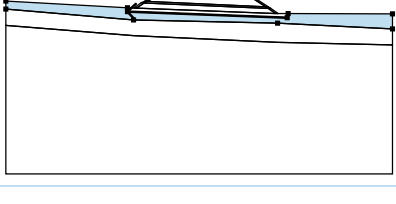
Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

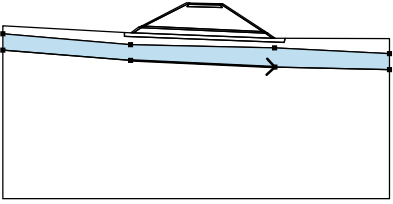
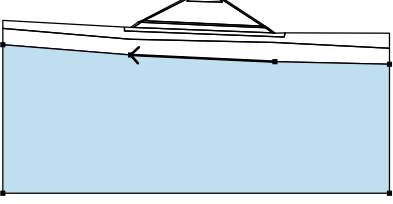
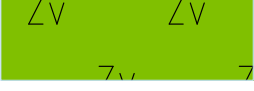


Eingangsdaten (Bauphase 2 - BS-A A.1 Damm - Böschung wasserseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Steinstückung in Beton
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Steinstückung in Beton 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Steinstückung in Beton 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

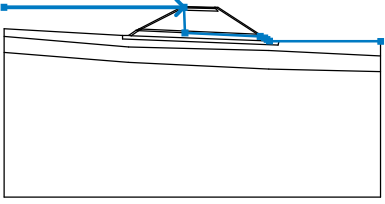
Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q1, f, F, x	q2, z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 2 - BS-A A.1 Damm - Böschung wasserseitig)

Berechnung 1 (Phase 2)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter

Mittelpunkt :	x =	13,64 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-37,53 [°]
	z =	286,37 [m]		$\alpha_2 =$	70,03 [°]
Radius :	R =	9,79 [m]	Gleitfläche nach der Optimierung.		

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 962,96 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 226,72 \text{ kN/m}$

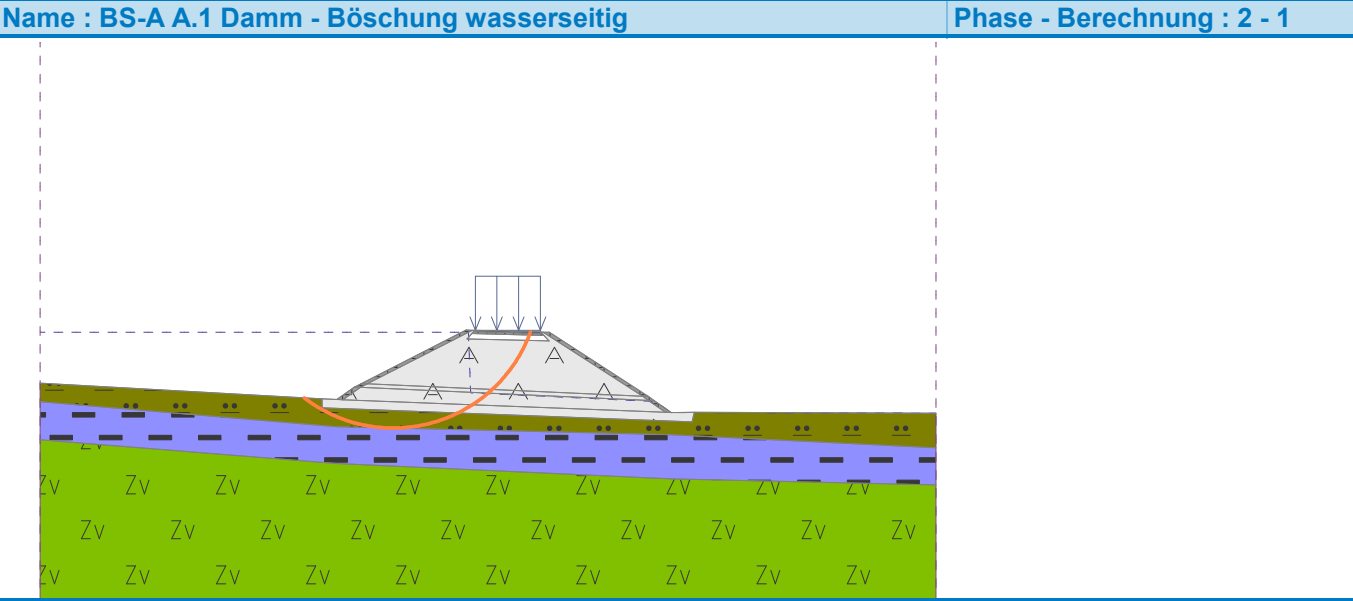
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 773,70 \text{ kN/m}$

Böschungsmoment : $M_a = 2219,54 \text{ kNm/m}$

Widerstandsmoment : $M_p = 7574,48 \text{ kNm/m}$

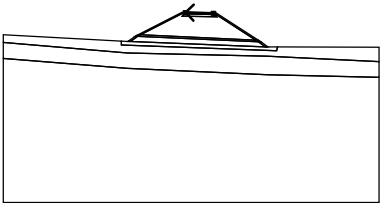
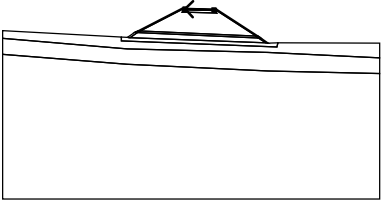
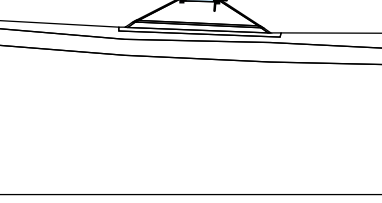
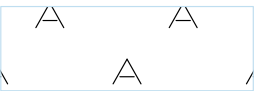
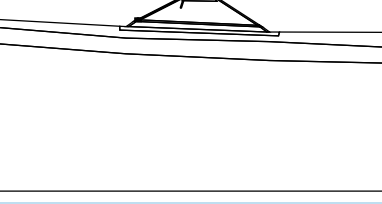
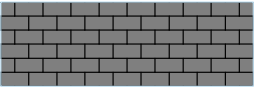
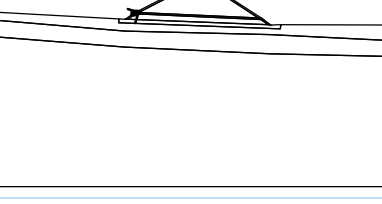
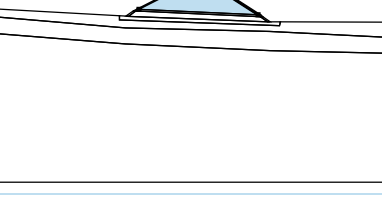
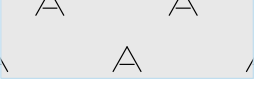
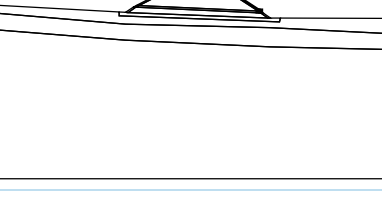
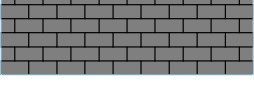
Ausnutzung : 29,3 %

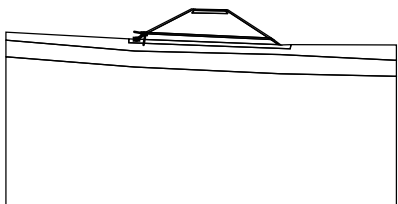
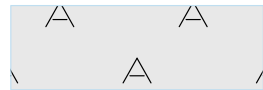
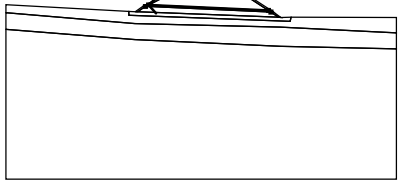
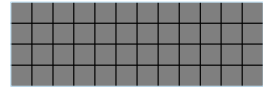
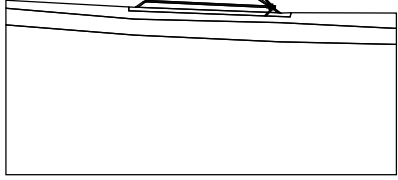
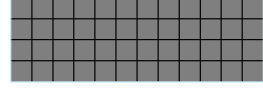
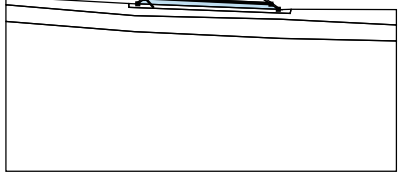
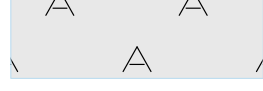
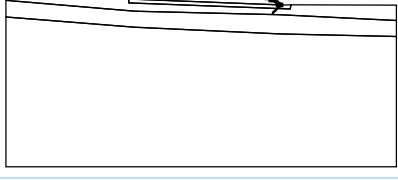
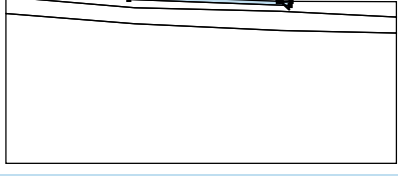
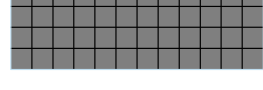
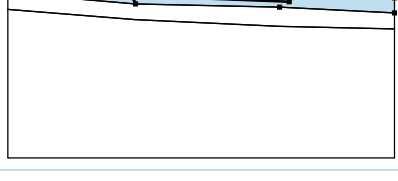
Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

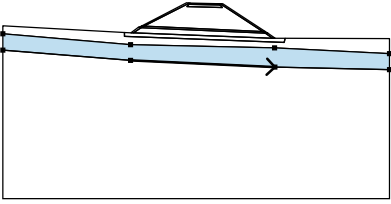
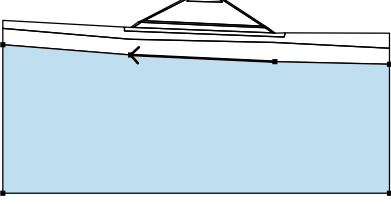
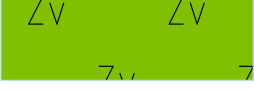


Eingangsdaten (Bauphase 3 - BS-A A.1 Rohrdurchlass - Böschung landseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT 
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht 
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton 
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m 
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton 
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Durchlass 1 x 1 m 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

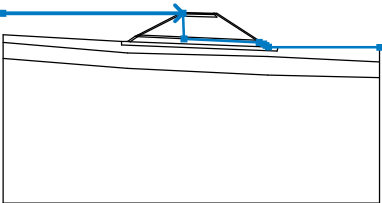
Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q1, f, F, x	q2, z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 3 - BS-A A.1 Rohrdurchlass - Böschung landseitig)

Berechnung 1 (Phase 3)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter

Mittelpunkt :	x =	26,26 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-13,09 [°]
	z =	369,67 [m]		$\alpha_2 =$	9,52 [°]
Radius :	R =	93,35 [m]	Gleitfläche nach der Optimierung.		

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 2224,90 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 271,08$ kN/m

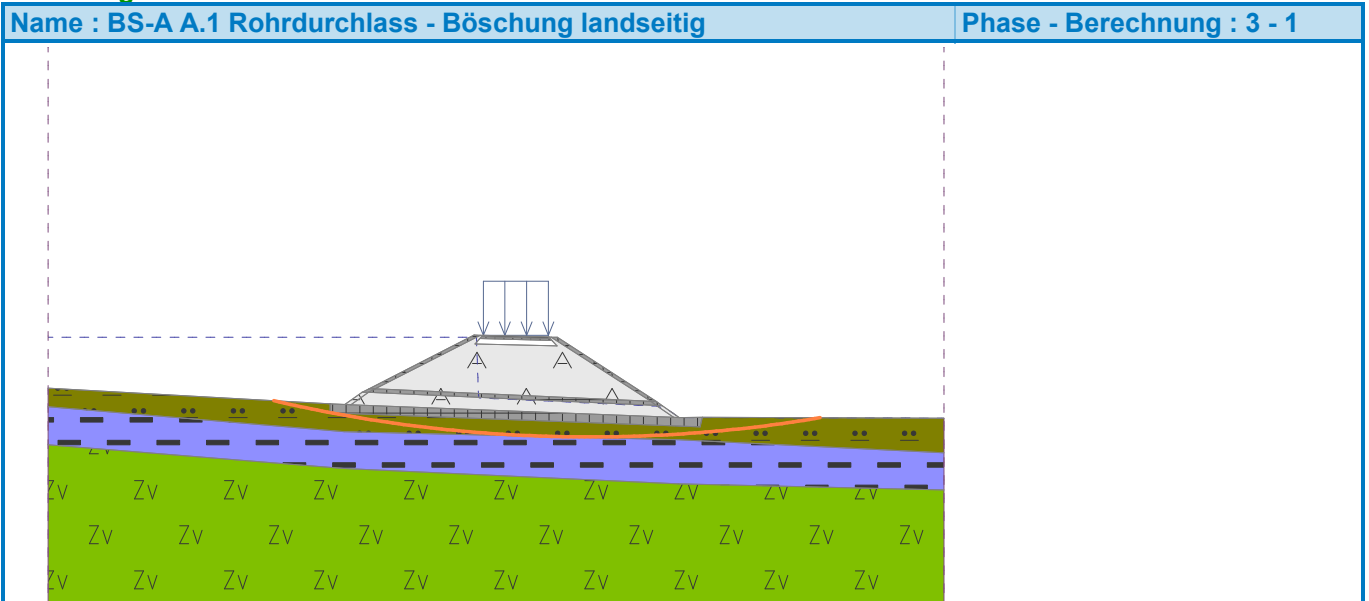
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 788,27$ kN/m

Böschungsmoment : $M_a = 25304,86$ kNm/m

Widerstandsmoment : $M_p = 73584,91$ kNm/m

Ausnutzung : 34,4 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT



Eingangsdaten (Bauphase 4 - BS-A A.1 Rohrdurchlass - Böschung wasserseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert)
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Durchlass 1 x 1 m
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,68	283,00	18,83	278,94
		30,81	278,38	31,52	278,13	31,90	277,88
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 4 - BS-A A.1 Rohrdurchlass - Böschung wasserseitig)

Berechnung 1 (Phase 4)

Kreisgleitfläche

Hochwasserschutz Glehn - Damm Lauberggraben, Böschungsbruch DIN 4084 BS-A (A.1)

Scherflächenparameter

Mittelpunkt :	x =	16,07 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-24,19 [°]
	z =	287,86 [m]		$\alpha_2 =$	55,30 [°]
Radius :	R =	8,50 [m]	Gleitfläche nach der Optimierung.		

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 427,23 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 130,15 \text{ kN/m}$

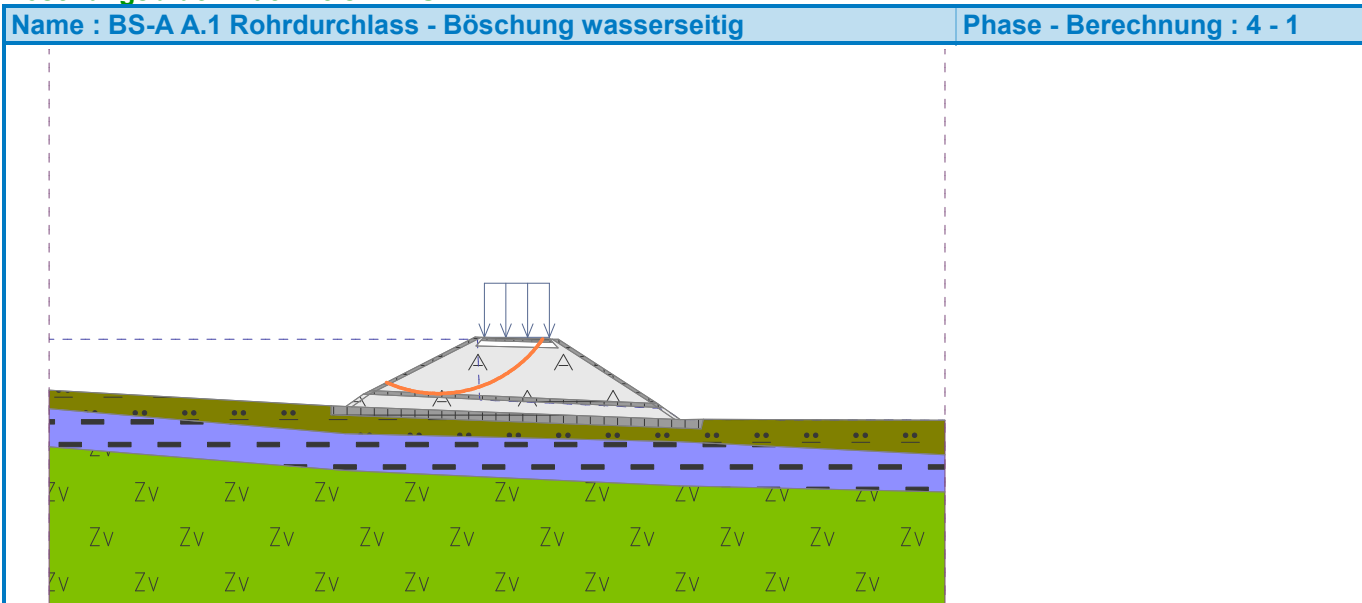
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 939,41 \text{ kN/m}$

Böschungsmoment : $M_a = 1106,29 \text{ kNm/m}$

Widerstandsmoment : $M_p = 7985,01 \text{ kNm/m}$

Ausnutzung : 13,9 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT



	GEO5 Software GmbH	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
	Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Böschungsbruch DIN 4084 BS-A (A.2)
		Seite 1/23

Böschungsstabilität

Eingangsdaten (Bauphase 1 - BS-A A.2 Damm - Böschung landseitig)

Projekt

Projekt : Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
Teil : Böschungsbruch DIN 4084 BS-A (A.2)
Beschreibung : Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
Kunde : ABAG GmbH - Marcus Volker
Verfasst von : Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
Datum : 30.04.2024
Auftragsnummer : 080923

Einstellung

Deutschland - DIN 1054

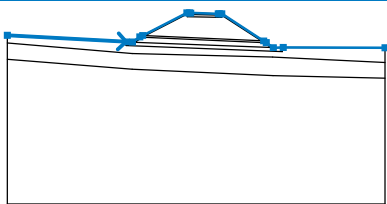
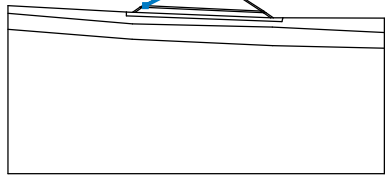
Stabilitätsberechnungen

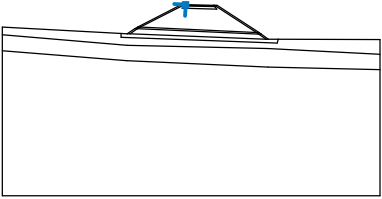
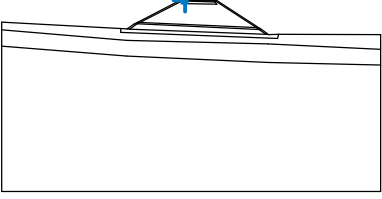
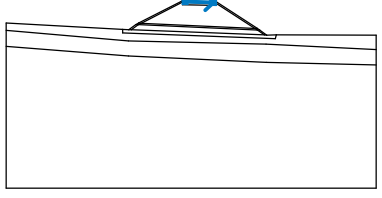
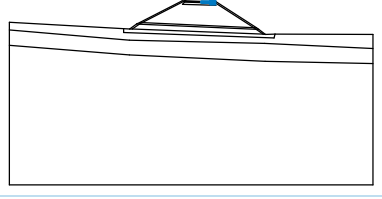
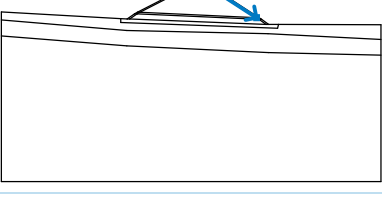
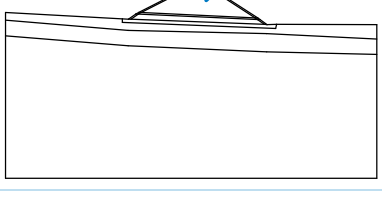
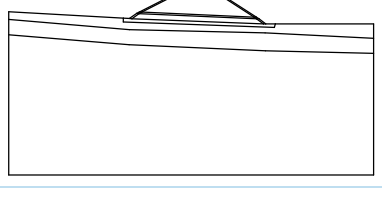
Beurteilungsmethodik : Berechnung nach DIN 1054
Erdbebenberechnung : Standard

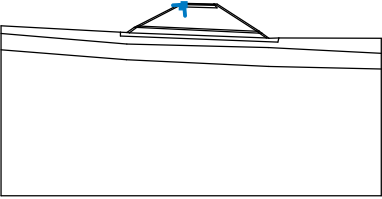
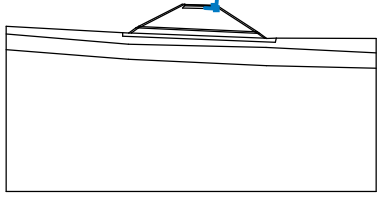
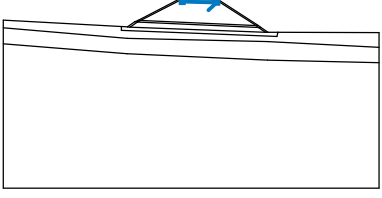
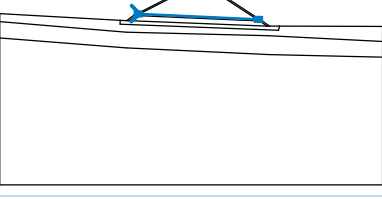
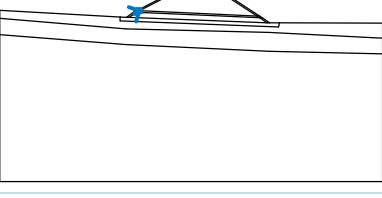
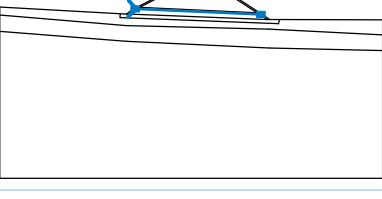
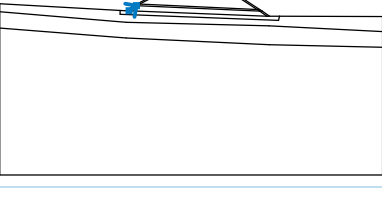
Teilsicherheitsbeiwerte für Beanspruchungen (F)				
Außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A)				
		Ungünstig		Günstig
Ständige Einwirkung :	$\gamma_G =$	1,00	[-]	1,00 [-]
Veränderliche Einwirkung :	$\gamma_Q =$	1,00	[-]	0,00 [-]
Wasserdruck :	$\gamma_w =$	1,00	[-]	

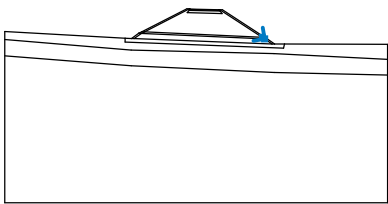
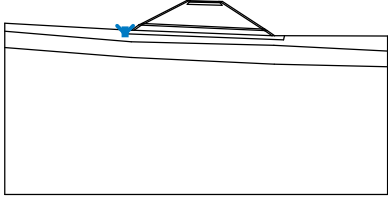
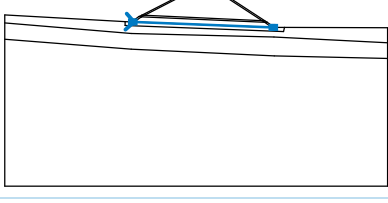
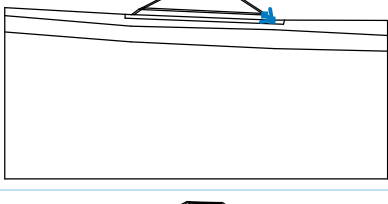
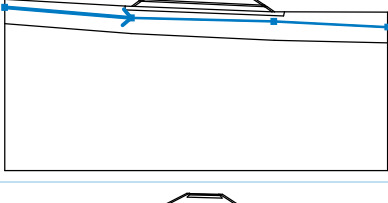
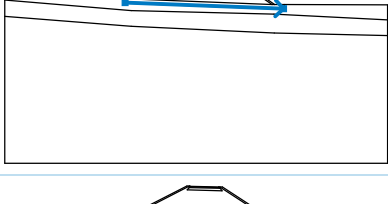
Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkenngrößen (M)				
Außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A)				
Beiwert des Winkels der inneren Reibung :	$\gamma_\phi =$	1,10	[-]	
Beiwert der effektiven Kohäsion :	$\gamma_c =$	1,10	[-]	
Reduktionsbeiwert der undrän. Scherfestigkeit :	$\gamma_{cu} =$	1,10	[-]	

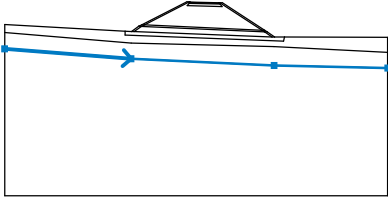
Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	279,58	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		50,00	277,58				
2		11,91	279,54	18,94	283,13		

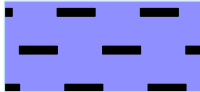
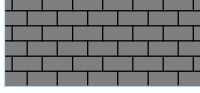
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		18,90	282,91	19,02	283,03		
5		19,02	283,03	23,62	282,91		
6		23,52	283,01	23,62	282,91		
7		23,70	283,00	30,35	278,70		
8		18,90	282,91	23,74	282,79		
9		23,62	282,91	23,74	282,79		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
10		18,58	282,54	18,90	282,91		
11		23,74	282,79	24,07	282,41		
12		18,58	282,54	24,07	282,41		
13		11,50	279,55	11,91	279,54	30,35	278,70
		30,75	278,69				
14		11,44	279,30	11,91	279,54		
15		11,03	279,32	11,44	279,30	30,73	278,43
		31,13	278,42				
16		10,27	278,47	11,44	279,30		

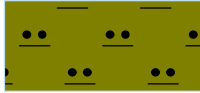
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
17		30,35	278,70	30,73	278,43		
18		8,87	278,54	8,87	277,94		
19		9,86	278,50	10,27	278,47	31,87	277,63
		32,27	277,62				
20		30,73	278,43	31,87	277,63		
21		-10,00	278,35	9,83	276,67	32,16	276,14
		50,00	275,25				
22		8,87	277,94	33,67	277,00		
23		33,67	277,00	33,82	277,63		

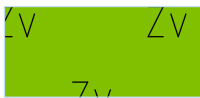
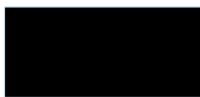
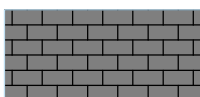
Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
24		-10,00	275,79	9,80	274,21	32,21	273,18
		50,00	272,77				

Bodenparameter - effektiver Spannungszustand

Nr.	Name	Probe	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Tallehm		25,00	2,50	19,00
2	Verwitterungston		25,00	15,00	21,00
3	Fels, verwittert		37,50	1,00	24,00
4	Asphalt		35,00	250,00	25,00
5	HGT		40,00	150,00	22,00
6	Frostschuttschicht		35,00	0,00	20,00
7	Steinstückung in Beton		30,00	300,00	25,00
8	Dammschüttung (verbessert)		30,00	60,00	19,00

Bodenparameter - Auftrieb

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Tallehm		19,00		
2	Verwitterungston		21,00		

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
3	Fels, verwittert		24,00		
4	Asphalt		25,00		
5	HGT		22,00		
6	Frostschutzschicht		20,00		
7	Steinstückung in Beton		25,00		
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00		

Bodenparameter

Tallehm

Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 25,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 2,50 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Verwitterungston

Wichte : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 25,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 15,00 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Fels, verwittert

Wichte : $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{\text{ef}} = 37,50^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{\text{ef}} = 1,00 \text{ kPa}$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{\text{sat}} = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Asphalt

Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 Spannungszustand : effektiv
 Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb

Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 250,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

HGT

Wichte : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Frostschuttschicht

Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

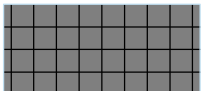
Steinstückung in Beton

Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 300,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

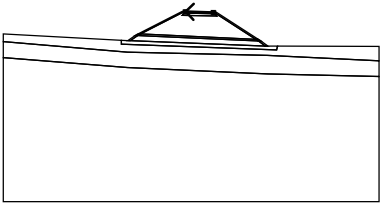
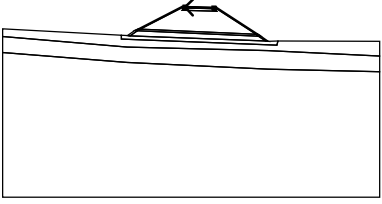
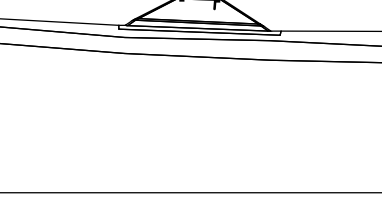
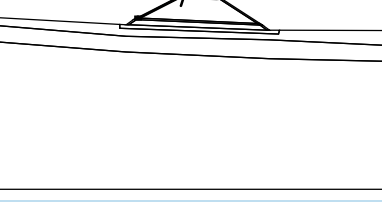
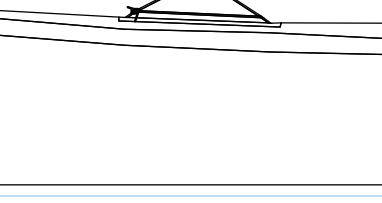
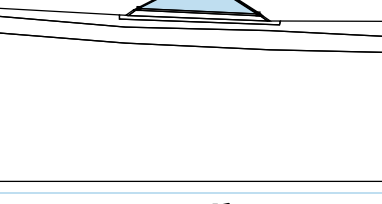
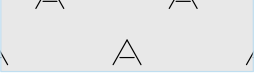
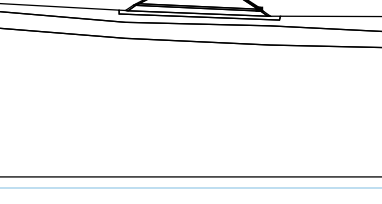
Dammschüttung (verbessert)

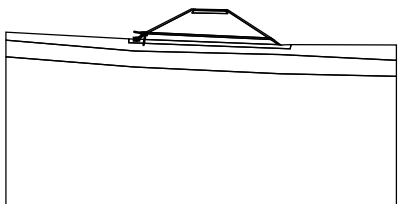
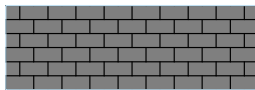
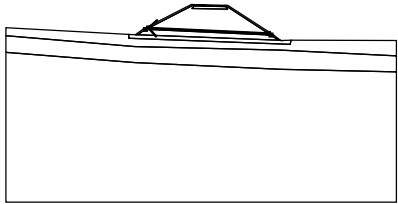
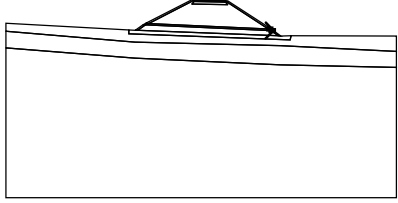
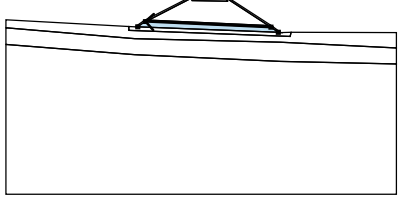
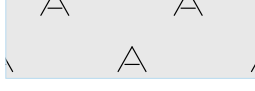
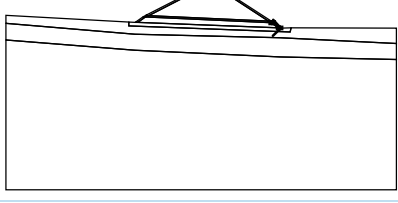
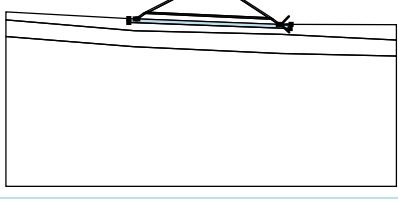
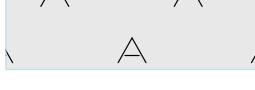
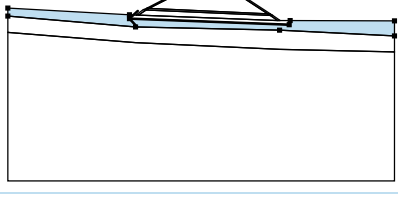
Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Spannungszustand : effektiv
Scherfestigkeit : Mohr-Coulomb
Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Starre Körper

Nr.	Name	Probe	γ [kN/m ³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT 
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschutzschicht 
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstickung in Beton 
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Steinstickung in Beton 
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstickung in Beton 
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Steinstückung in Beton 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Steinstückung in Beton 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

Nr.	Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,01	283,00	18,24	283,00
		18,24	282,78	18,31	282,68	18,37	282,54
		18,55	282,36	18,73	282,29	19,15	282,05
		19,72	281,69	19,98	281,48	20,59	281,26
		21,05	281,08	21,38	280,91	22,79	280,56
		23,27	280,41	23,88	280,27	24,46	280,17
		25,61	280,00	26,19	279,90	26,83	279,77
		28,06	279,56	28,67	279,47	29,34	279,30
		29,81	279,16	30,25	279,01	30,75	278,69
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 1 - BS-A A.2 Damm - Böschung landseitig)

Berechnung 1 (Phase 1)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter					
Mittelpunkt :	x =	29,55 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-66,54 [°]
	z =	287,71 [m]		$\alpha_2 =$	28,82 [°]
Radius :	R =	11,51 [m]			
Gleitfläche nach der Optimierung.					

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 963,54 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 413,33$ kN/m

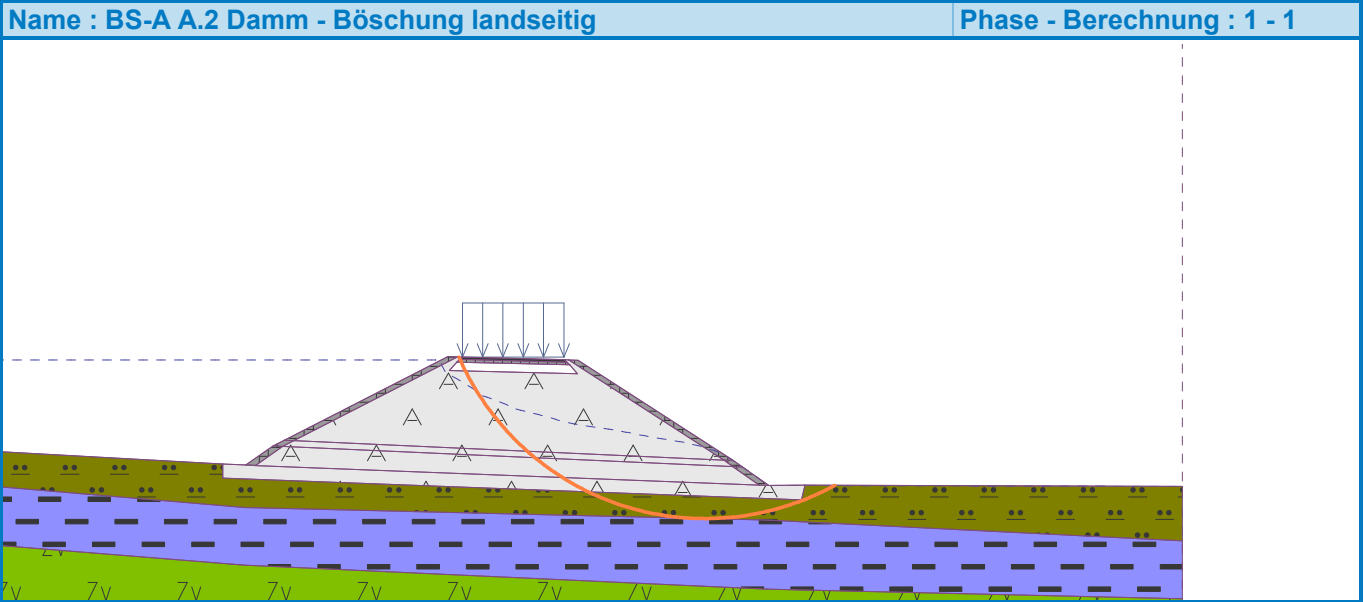
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 761,96$ kN/m

Böschungsmoment : $M_a = 4757,45$ kNm/m

Widerstandsmoment : $M_p = 8770,13$ kNm/m

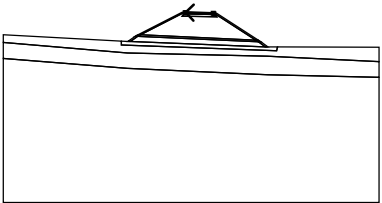
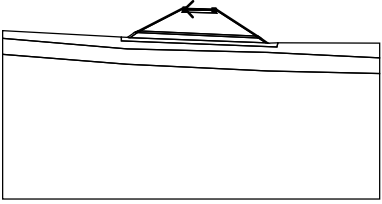
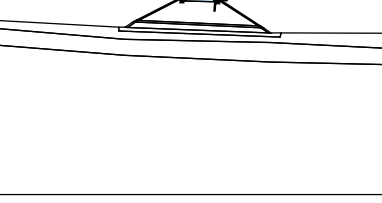
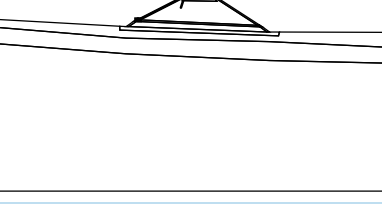
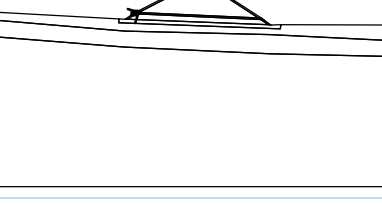
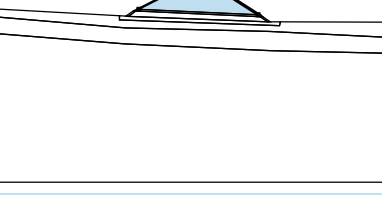
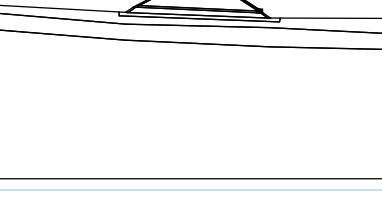
Ausnutzung : 54,2 %

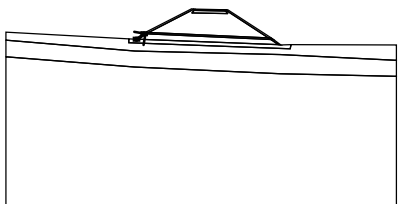
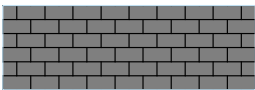
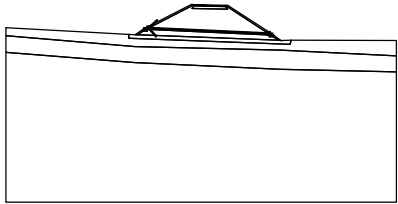
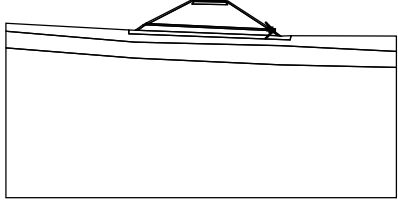
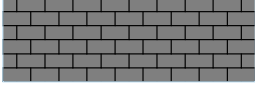
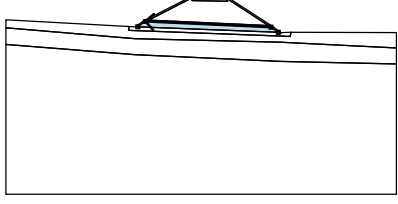
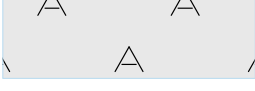
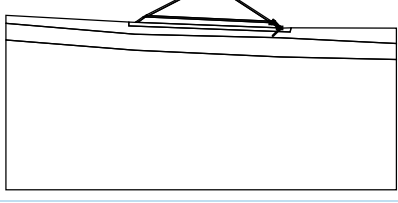
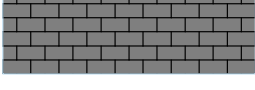
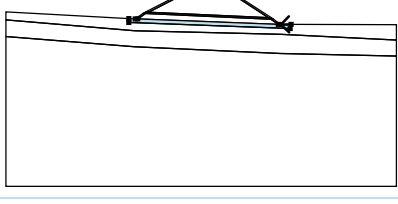
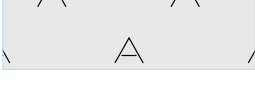
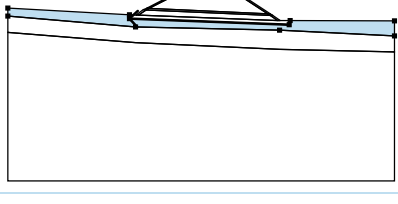
Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

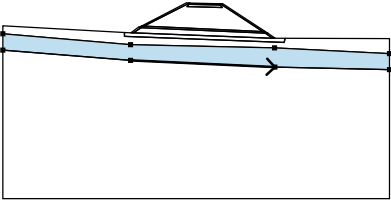
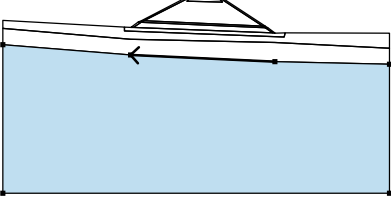
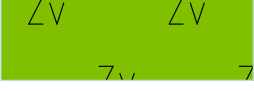


Eingangsdaten (Bauphase 2 - BS-A A.2 Damm - Böschung wasserseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Steinstückung in Beton
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Steinstückung in Beton 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Steinstückung in Beton 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

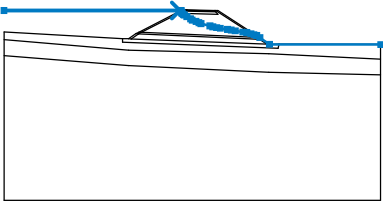
Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q1, f, F, x	q2, z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,01	283,00	18,24	283,00
		18,24	282,78	18,31	282,68	18,37	282,54
		18,55	282,36	18,73	282,29	19,15	282,05
		19,72	281,69	19,98	281,48	20,59	281,26
		21,05	281,08	21,38	280,91	22,79	280,56
		23,27	280,41	23,88	280,27	24,46	280,17
		25,61	280,00	26,19	279,90	26,83	279,77
		28,06	279,56	28,67	279,47	29,34	279,30
		29,81	279,16	30,25	279,01	30,75	278,69
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 2 - BS-A A.2 Damm - Böschung wasserseitig)

Berechnung 1 (Phase 2)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter					
Mittelpunkt :	x =	13,85 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-37,51 [°]
	z =	286,36 [m]		$\alpha_2 =$	70,06 [°]
Radius :	R =	9,79 [m]			
Gleitfläche nach der Optimierung.					

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 983,75 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 225,25 \text{ kN/m}$

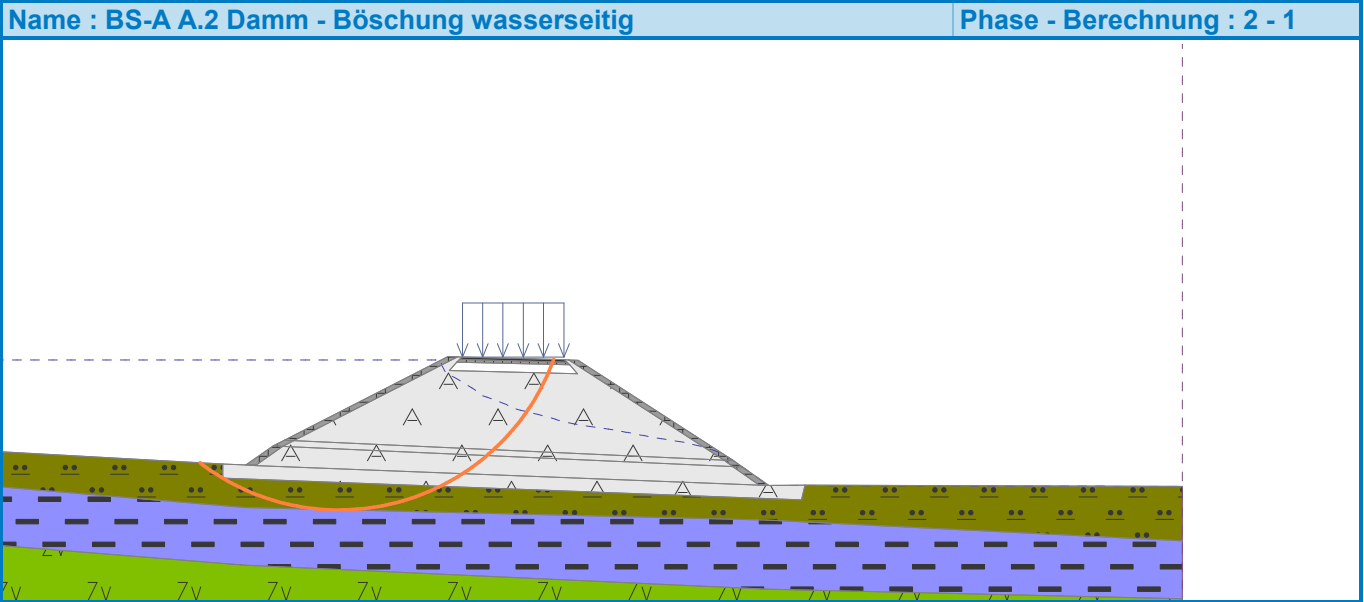
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 761,46 \text{ kN/m}$

Böschungsmoment : $M_a = 2205,24 \text{ kNm/m}$

Widerstandsmoment : $M_p = 7454,68 \text{ kNm/m}$

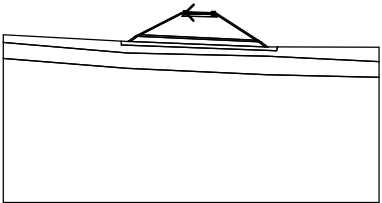
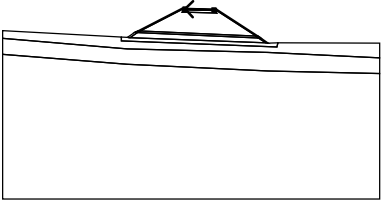
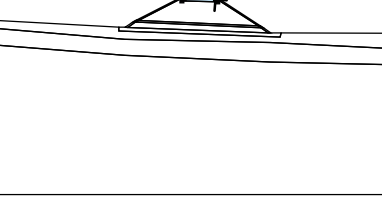
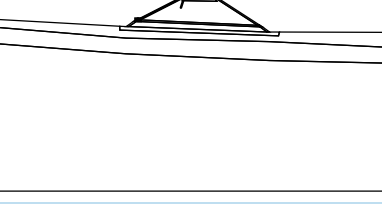
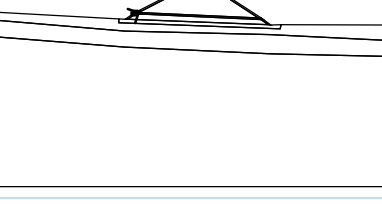
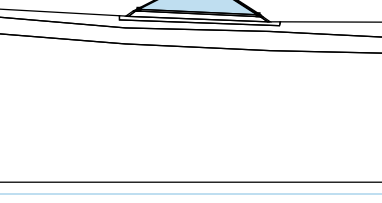
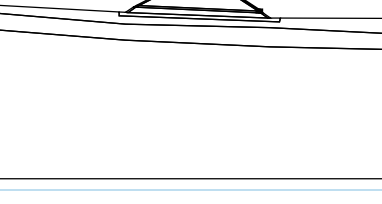
Ausnutzung : 29,6 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

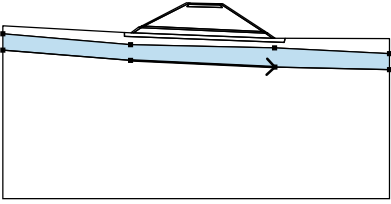
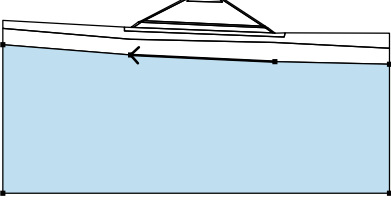
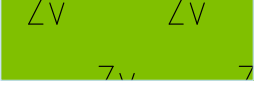


Eingangsdaten (Bauphase 3 - BS-A A.2 Rohrdurchlass - Böschung landseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert)
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Durchlass 1 x 1 m
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

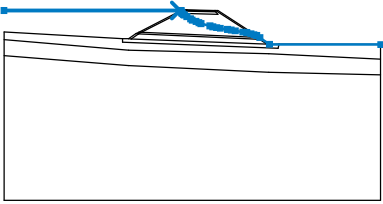
Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q1, f, F, x	q2, z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,01	283,00	18,24	283,00
		18,24	282,78	18,31	282,68	18,37	282,54
		18,55	282,36	18,73	282,29	19,15	282,05
		19,72	281,69	19,98	281,48	20,59	281,26
		21,05	281,08	21,38	280,91	22,79	280,56
		23,27	280,41	23,88	280,27	24,46	280,17
		25,61	280,00	26,19	279,90	26,83	279,77
		28,06	279,56	28,67	279,47	29,34	279,30
		29,81	279,16	30,25	279,01	30,75	278,69
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 3 - BS-A A.2 Rohrdurchlass - Böschung landseitig)

Berechnung 1 (Phase 3)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter					
Mittelpunkt :	x =	26,24 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-13,16 [°]
	z =	369,12 [m]		$\alpha_2 =$	9,59 [°]
Radius :	R =	92,81 [m]			
Gleitfläche nach der Optimierung.					

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 2229,62 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 269,22$ kN/m

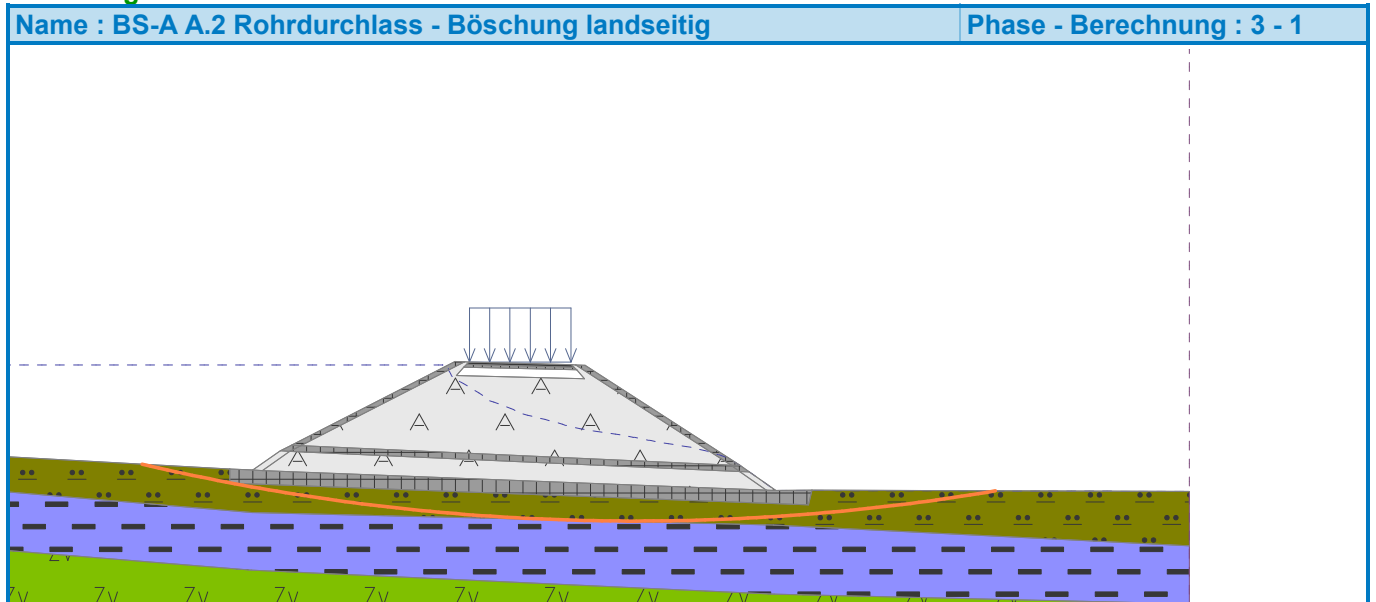
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 730,97$ kN/m

Böschungsmoment : $M_a = 24986,56$ kNm/m

Widerstandsmoment : $M_p = 67841,45$ kNm/m

Ausnutzung : 36,8 %

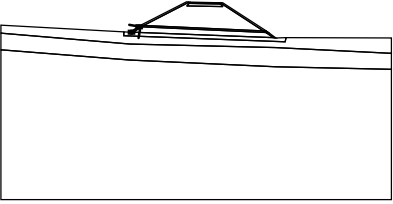
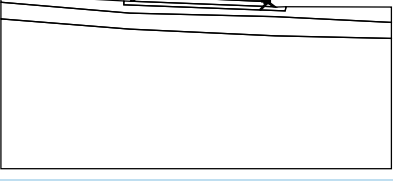
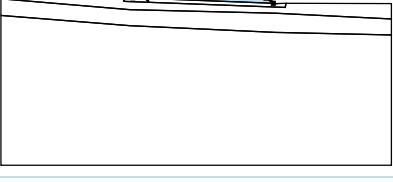
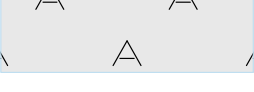
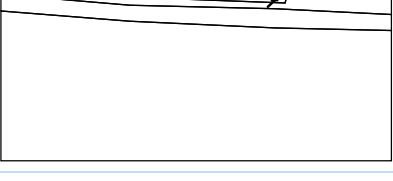
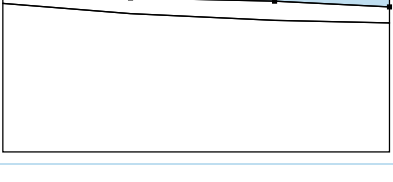
Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT

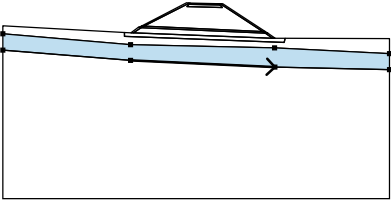
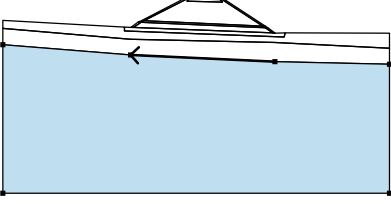
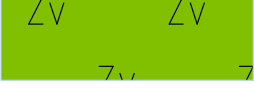


Eingangsdaten (Bauphase 4 - BS-A A.2 Rohrdurchlass - Böschung wasserseitig)

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,62	282,91	19,02	283,03	HGT
		18,90	282,91	23,74	282,79	
3		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
4		11,91	279,54	18,94	283,13	Steinstückung in Beton
		18,53	283,15	11,50	279,55	
5		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
6		30,35	278,70	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
		18,58	282,54	18,90	282,91	
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	11,91	279,54	
7		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	30,35	278,70	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
8		10,27	278,47	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		11,03	279,32	9,86	278,50	
9		30,35	278,70	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
10		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
11		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
12		31,87	277,63	32,27	277,62	Dammschüttung (verbessert) 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
13		33,82	277,63	32,27	277,62	Durchlass 1 x 1 m 
		31,87	277,63	10,27	278,47	
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
14		33,67	277,00	8,87	277,94	Tallehm 
		8,87	278,54	-10,00	279,58	
		-10,00	278,35	9,83	276,67	
		32,16	276,14	50,00	275,25	
		50,00	277,58	33,82	277,63	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
15		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
16		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Auflast

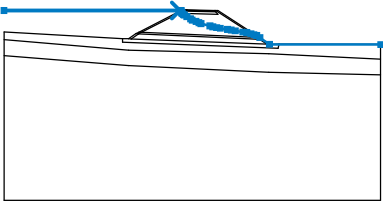
Nr.	Auflast		Typ	Wirkung	Positionierung	Ursprung	Länge	Breite	Neigung	Größe		
	neu	Änderung			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	Einheit
1	Nein	Nein	Band	ständig	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : GWS

Nr.	GWS-Positionierung	GWS-Punktekoordinaten [m]					
		x	z	x	z	x	z
1099981523		-10,00	283,00	18,01	283,00	18,24	283,00
		18,24	282,78	18,31	282,68	18,37	282,54
		18,55	282,36	18,73	282,29	19,15	282,05
		19,72	281,69	19,98	281,48	20,59	281,26
		21,05	281,08	21,38	280,91	22,79	280,56
		23,27	280,41	23,88	280,27	24,46	280,17
		25,61	280,00	26,19	279,90	26,83	279,77
		28,06	279,56	28,67	279,47	29,34	279,30
		29,81	279,16	30,25	279,01	30,75	278,69
		32,27	277,62	50,00	277,58		

Zugriss

Kein Zugriss eingegeben.

Erdbeben

Es wird ohne Erdbeben berechnet.

Einstellung der Phasenberechnung

Bemessungssituation : außergewöhnlich (BS-A)

Ergebnisse (Bauphase 4 - BS-A A.2 Rohrdurchlass - Böschung wasserseitig)

Berechnung 1 (Phase 4)

Kreisgleitfläche

Scherflächenparameter					
Mittelpunkt :	x =	16,07 [m]	Winkel :	$\alpha_1 =$	-24,19 [°]
	z =	287,86 [m]		$\alpha_2 =$	55,30 [°]
Radius :	R =	8,50 [m]			
Gleitfläche nach der Optimierung.					

Gesamtes Bodengewicht über der Scherfläche: 427,23 kN/m

Nachweis über die Standfestigkeit der Böschung (Bishop)

Summierung der aktiven Kräfte : $F_a = 128,50$ kN/m

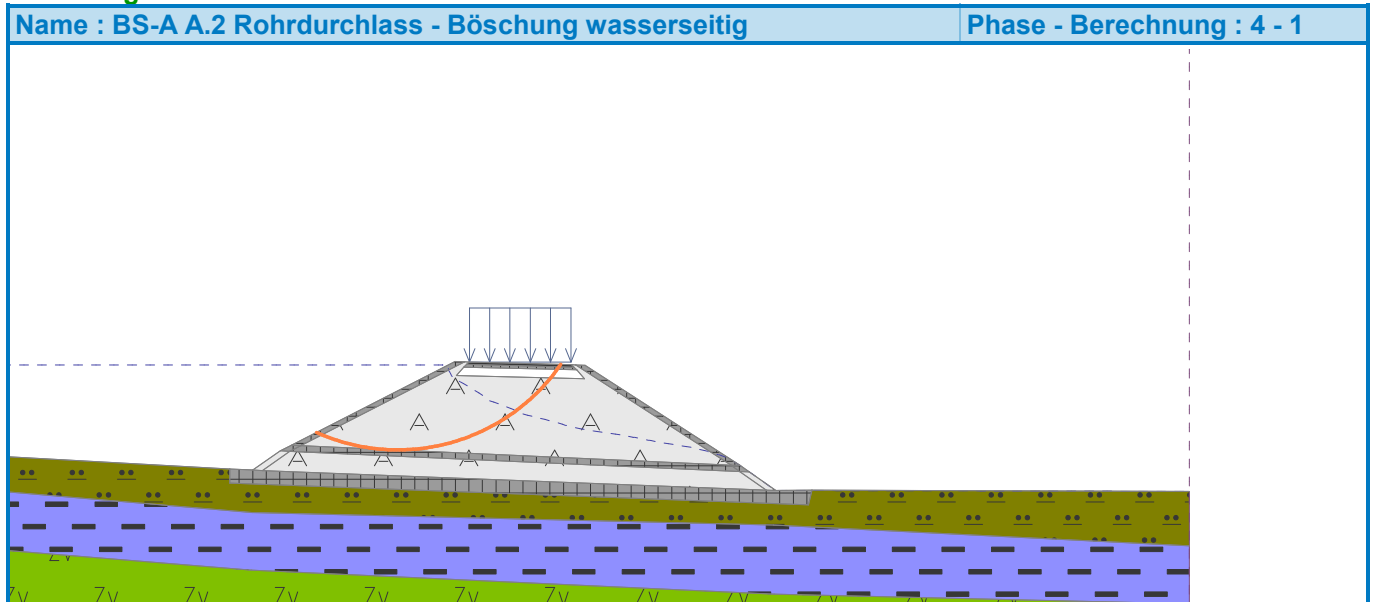
Summierung der passiven Kräfte : $F_p = 930,88$ kN/m

Böschungsmoment : $M_a = 1092,27$ kNm/m

Widerstandsmoment : $M_p = 7912,49$ kNm/m

Ausnutzung : 13,8 %

Böschungsbruch Nachweis ERFÜLLT



	GEO5 Software GmbH Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben Stationäre Strömungsberechnung FEM
---	--	--

Berechnung mithilfe der Finite-Elemente-Methode

Topologie

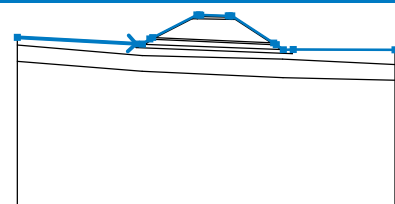
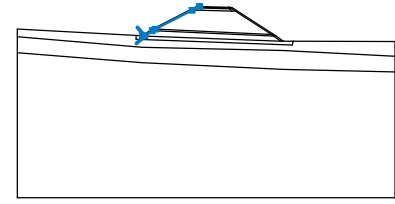
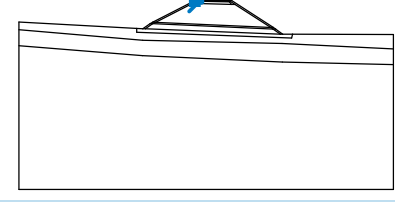
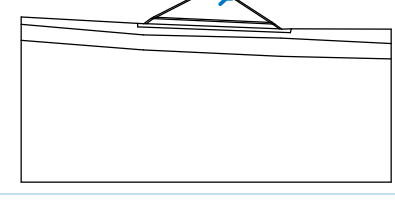
Projekt

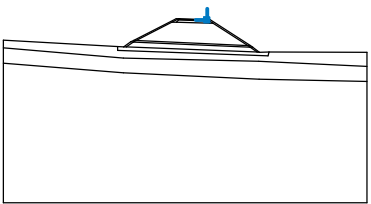
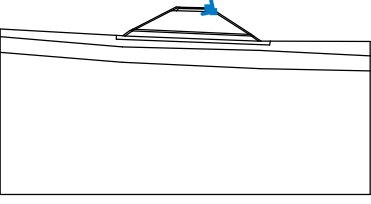
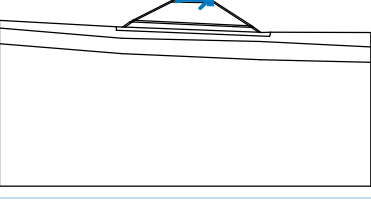
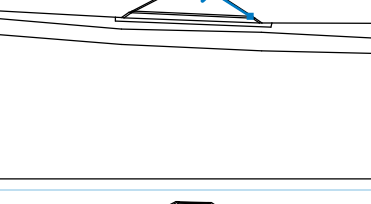
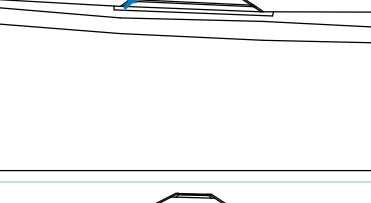
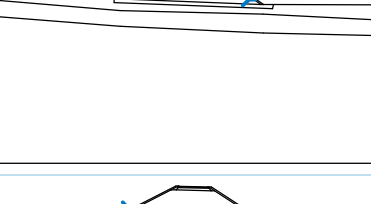
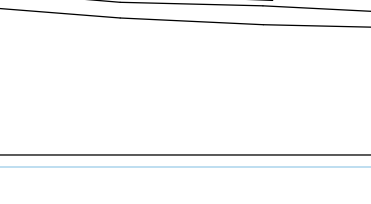
Projekt :	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
Teil :	Stationäre Strömungsberechnung FEM
Beschreibung :	Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
Kunde :	ABAG GmbH - Marcus Volker
Verfasst von :	Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
Datum :	30.04.2024
Auftragsnummer :	080923

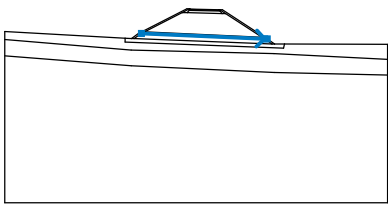
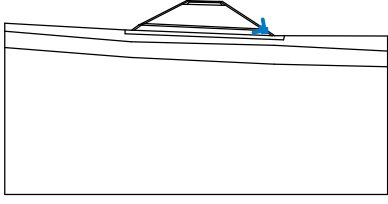
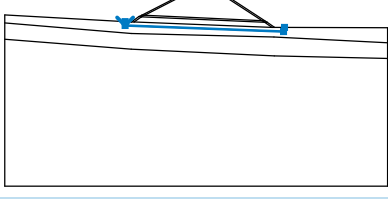
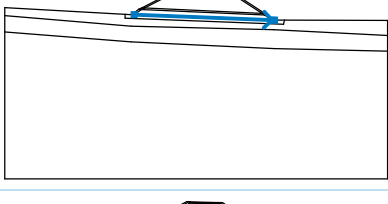
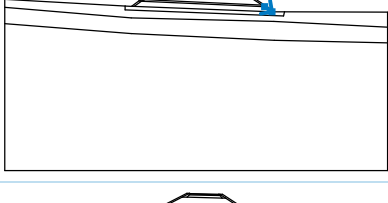
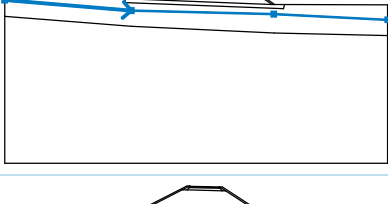
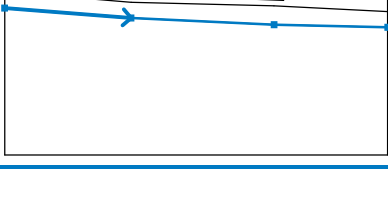
Gesamteinstellung der Berechnung

Aufgabengeometrie :	Eben
Berechnungstyp :	Stationäre Strömung
Betonbauten :	EN 1992-1-1 (EC2)
Detailparameter der Netzerzeugung :	nein
Detailbodenparameter :	nein
Erweiterte Bodenmodelle :	nein
Detail-Strömungsparameter :	nein
Detaillierte Ergebnisse :	ja

Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	279,58	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		50,00	277,58				
2		9,86	278,50	10,27	278,47	11,44	279,30
		11,91	279,54	17,78	282,54	18,94	283,13
3		17,78	282,54	18,58	282,54	18,90	282,91
		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		19,02	283,03	23,62	282,91	23,74	282,79

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
5		23,52	283,01	23,62	282,91		
6		23,70	283,00	24,61	282,41		
7		18,90	282,91	23,74	282,79	24,07	282,41
8		18,58	282,54	24,07	282,41	24,61	282,41
		30,35	278,70				
9		11,50	279,55	11,91	279,54		
10		11,91	279,54	30,35	278,70	30,75	278,69
11		11,03	279,32	11,44	279,30		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
12		11,44	279,30	30,73	278,43	31,13	278,42
13		30,35	278,70	30,73	278,43		
14		8,87	278,54	8,87	277,94	33,67	277,00
		33,82	277,63				
15		10,27	278,47	31,87	277,63	32,27	277,62
16		30,73	278,43	31,87	277,63		
17		-10,00	278,35	9,83	276,67	32,16	276,14
		50,00	275,25				
18		-10,00	275,79	9,80	274,21	32,21	273,18
		50,00	272,77				

Bodenparameter

Tallehm

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 8,600E-03$ m/Tag

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 8,600E-03$ m/Tag
Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,56$
Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
Modellparameter : $\alpha = 0,500$ 1/m
Modellparameter : $n = 1,090$

Verwitterungston

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 4,300E-02$ m/Tag
Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 4,300E-02$ m/Tag
Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,61$
Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
Modellparameter : $\alpha = 0,800$ 1/m
Modellparameter : $n = 1,090$

Fels, verwittert

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 8,600E+01$ m/Tag
Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 8,600E+01$ m/Tag
Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,75$
Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
Modellparameter : $\alpha = 14,500$ 1/m
Modellparameter : $n = 2,680$

Asphalt

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 8,600E-02$ m/Tag
Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 8,600E-02$ m/Tag
Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,70$
Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
Modellparameter : $\alpha = 1,900$ 1/m
Modellparameter : $n = 1,310$

HGT

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 8,600E-02$ m/Tag
Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 8,600E-02$ m/Tag
Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,70$
Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
Modellparameter : $\alpha = 1,900$ 1/m
Modellparameter : $n = 1,310$

Frostschuttschicht

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 8,600E+00$ m/Tag
Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 8,600E+00$ m/Tag
Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,75$
Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
Modellparameter : $\alpha = 14,500$ 1/m
Modellparameter : $n = 2,680$

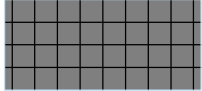
Steinstückung in Beton

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 4,300E+00$ m/Tag
 Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 4,300E+00$ m/Tag
 Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,70$
 Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
 Modellparameter : $\alpha = 12,400$ 1/m
 Modellparameter : $n = 2,280$

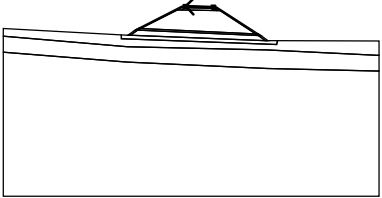
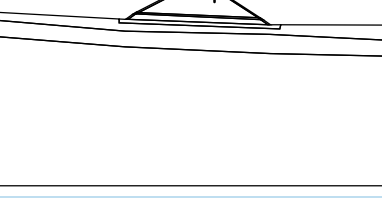
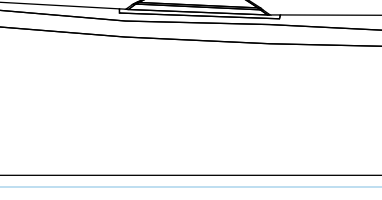
Dammschüttung (verbessert)

Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung X : $k_{x,sat} = 4,300E-03$ m/Tag
 Durchlässigkeitsbeiwert in Richtung Z : $k_{z,sat} = 4,300E-03$ m/Tag
 Initiale-Porenzahl : $e_0 = 0,56$
 Modell der Übergangsschicht : Van Genuchten
 Modellparameter : $\alpha = 0,500$ 1/m
 Modellparameter : $n = 1,090$

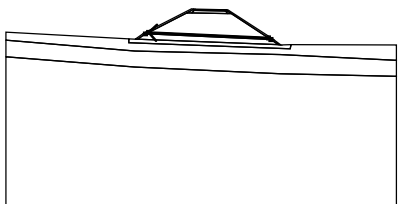
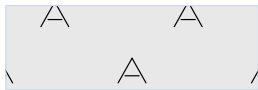
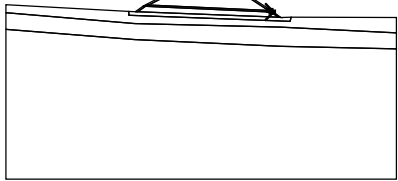
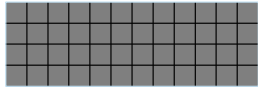
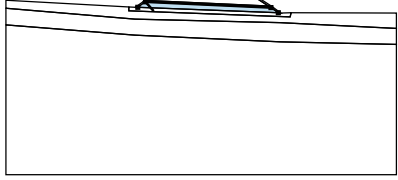
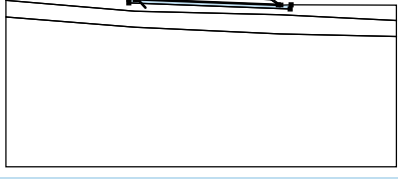
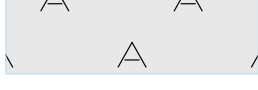
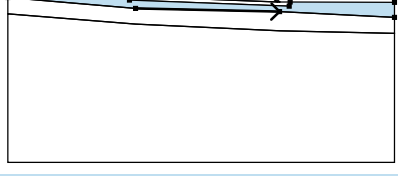
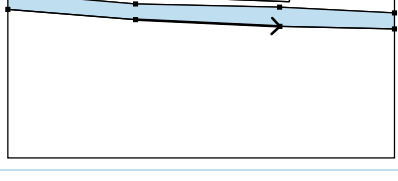
Starre Körper

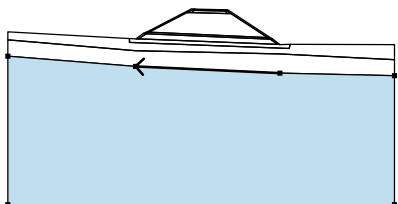
Nr.	Name	Probe	γ [kN/m ³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,74	282,79	23,62	282,91	HGT 
		19,02	283,03	18,90	282,91	
3		18,58	282,54	18,90	282,91	Dammschüttung (verbessert) 
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	17,78	282,54	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
4		24,61	282,41	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert)
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	
5		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
6		11,91	279,54	17,78	282,54	Steinstückung in Beton
		18,94	283,13	18,53	283,15	
		11,50	279,55			
7		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
8		30,35	278,70	24,61	282,41	Dammschüttung (verbessert)
		24,07	282,41	18,58	282,54	
		17,78	282,54	11,91	279,54	
9		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	24,61	282,41	
		30,35	278,70			
10		11,03	279,32	9,86	278,50	Steinstückung in Beton
		10,27	278,47	11,44	279,30	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
11		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert) 
		11,44	279,30	30,73	278,43	
12		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
13		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
14		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
15		31,87	277,63	10,27	278,47	Dammschüttung (verbessert) 
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
		33,82	277,63	32,27	277,62	
16		9,83	276,67	32,16	276,14	Tallehm 
		50,00	275,25	50,00	277,58	
		33,82	277,63	33,67	277,00	
		8,87	277,94	8,87	278,54	
		-10,00	279,58	-10,00	278,35	
17		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
18		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Linienverfeinerung

Nr.	Positionierung	Radius r [m]	Länge l [m]
1	Rand unten	20,00	2,00
2	Rand rechter	10,00	2,00
3	Rand linker	10,00	2,00
4	Schnittstelle Nr. 8, Linie Nr. 1	10,00	0,50
5	Schnittstelle Nr. 14, Linie Nr. 2	10,00	0,50

Netzerzeugung

Parameter der Netzerzeugung

Kantenlänge der Elemente : 1,00 [m]
 Netz glätten : ja
 Mehr-Knoten-Elemente erzeugen : nein

Ergebnis der Netzerzeugung

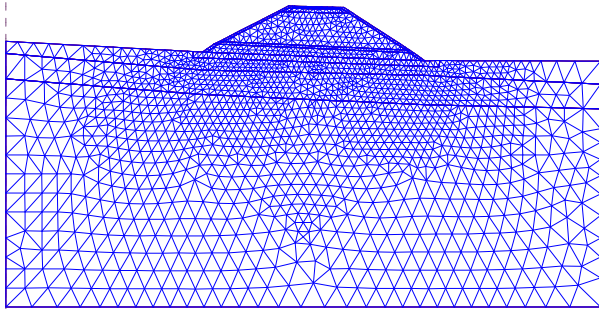
Das Finite-Elemente-Netz wurde erfolgreich erzeugt.

Anzahl der Knoten 2913

Anzahl der Elemente 5484 (Flächen- 3352, Balken- 533, Übergangs- 1599)

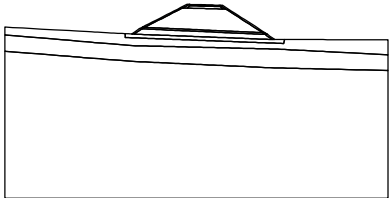
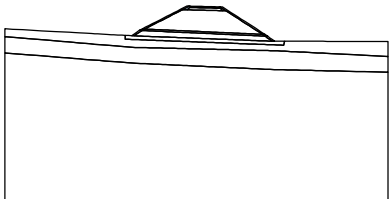
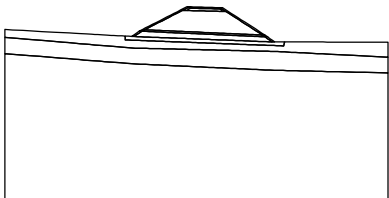
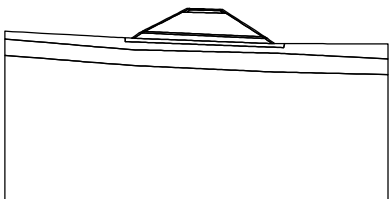
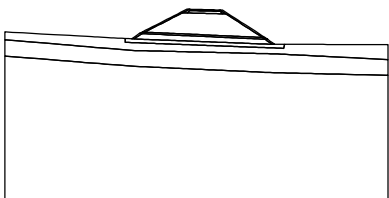
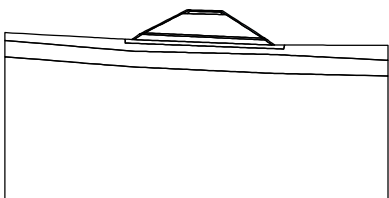
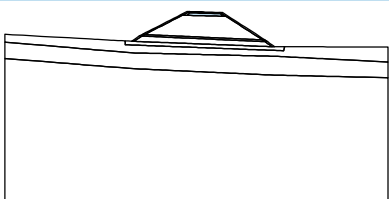
Warnung

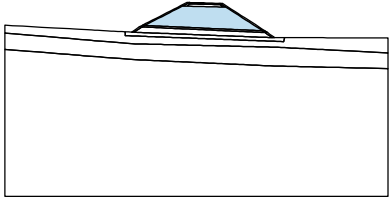
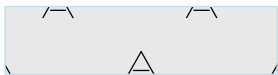
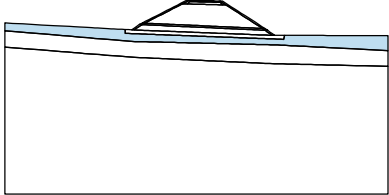
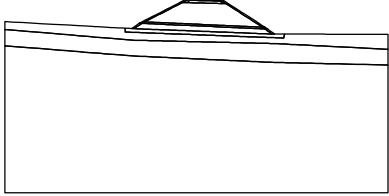
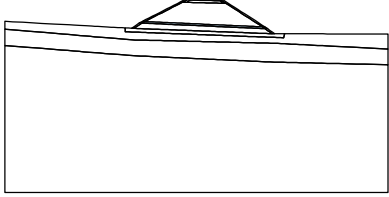
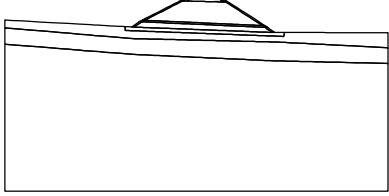
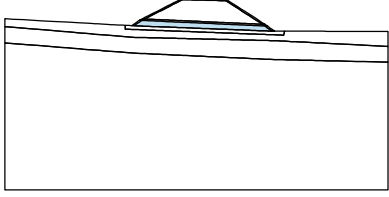
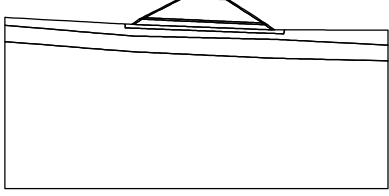
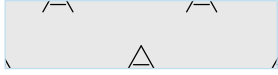
- [W086] Der Netzpunkt (23,52; 283,01) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.
- [W086] Der Netzpunkt (19,12; 283,12) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.
- [W086] Der Netzpunkt (19,02; 283,03) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,12; 283,12) .. (18,94; 283,13)}.
- [W086] Der Netzpunkt (23,62; 282,91) liegt zu nahe zur Linie LI{(23,70; 283,00) .. (23,52; 283,01)}.

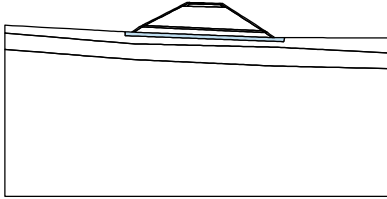
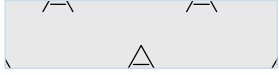
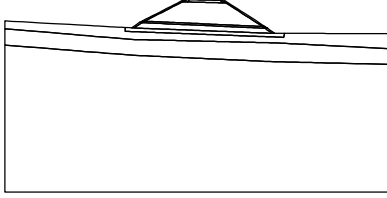
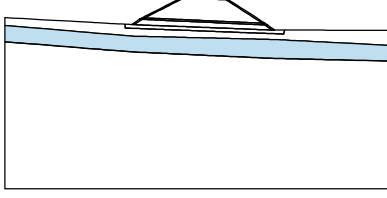
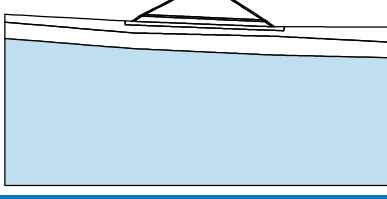
Name : Finite-Elemente-Netz	Phase : Topologie
	

Eingangsdaten (Bauphase 1 - A.2 Ausfall der Dichtung)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linie - Strömung

Nr.	Linienströmung		Positionierung	Grenztyp	Parameter
	neue	abgeändert			
1	Ja		Die Netzlinie Nr. 1	undurchlässig	
2	Ja		Die Netzlinie Nr. 9	undurchlässig	
3	Ja		Die Netzlinie Nr. 13	undurchlässig	
4	Ja		Die Netzlinie Nr. 18	undurchlässig	
5	Ja		Die Netzlinie Nr. 19	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
6	Ja		Die Netzlinie Nr. 22	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
7	Ja		Die Netzlinie Nr. 26	Durchsickerungs	
8	Ja		Die Netzlinie Nr. 27	undurchlässig	
9	Ja		Die Netzlinie Nr. 29	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
10	Ja		Die Netzlinie Nr. 35	Durchsickerungs	
11	Ja		Die Netzlinie Nr. 39	Durchsickerungs	
12	Ja		Die Netzlinie Nr. 40	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
13	Ja		Die Netzlinie Nr. 44	Durchsickerungs	
14	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 277,55 \text{ m}$
15	Ja		Die Netzlinie Nr. 48	Durchsickerungs	
16	Ja		Die Netzlinie Nr. 49	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
17	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
18	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	Porenwasserdruck	$Z_{GWS} = 277,55 \text{ m}$

Nr.	Linienströmung		Positionierung	Grenztyp	Parameter
	neue	abgeändert			
19	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
20	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
21	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	undurchlässig	
22	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 277,55 \text{ m}$

Berechnungseinstellungen

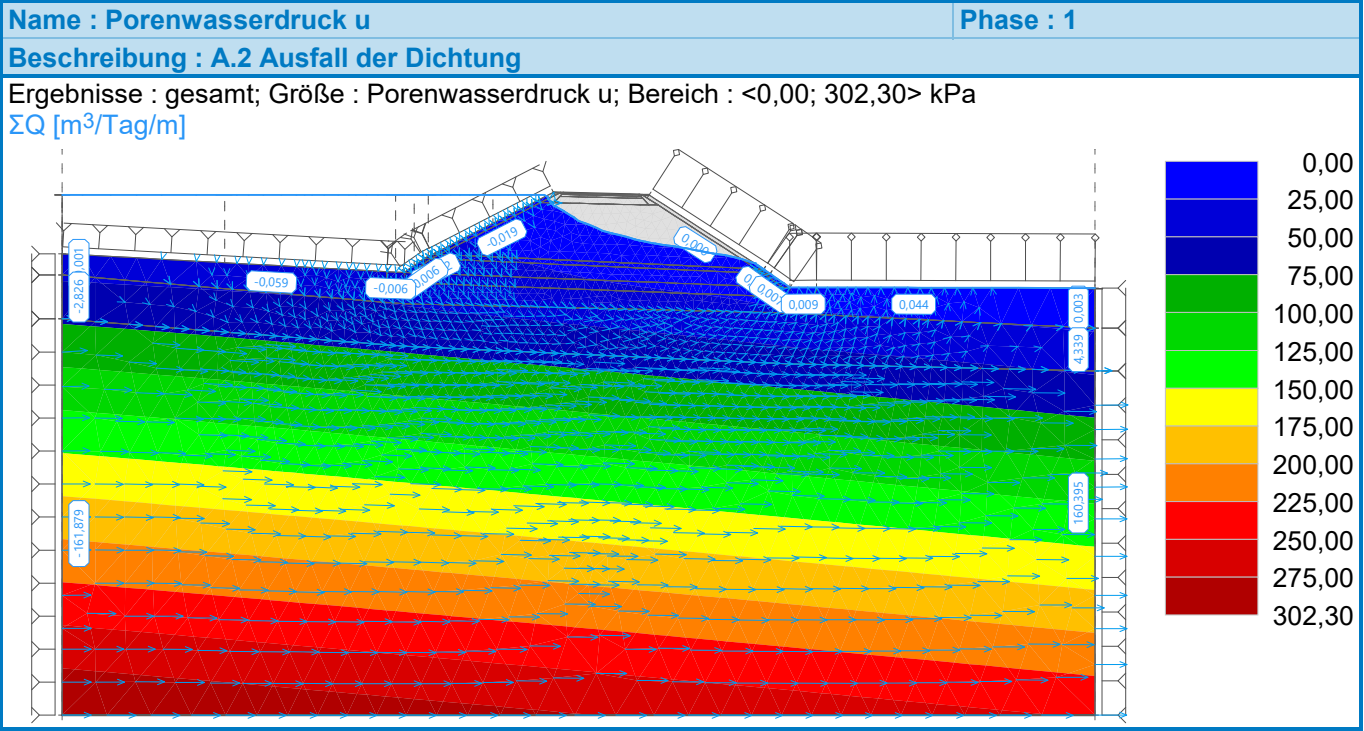
Strömung

Methode :	Newton - Raphson
Änderung der Permeabilitätsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	20
Fehlertoleranz der Porenwasserdrücke :	0,0100
Fehlertoleranz des Gleichgewichtszustandes :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Ergebnisse (Bauphase 1 - A.2 Ausfall der Dichtung)

Berechnung der stationären Strömung ist erfolgreich durchgelaufen.

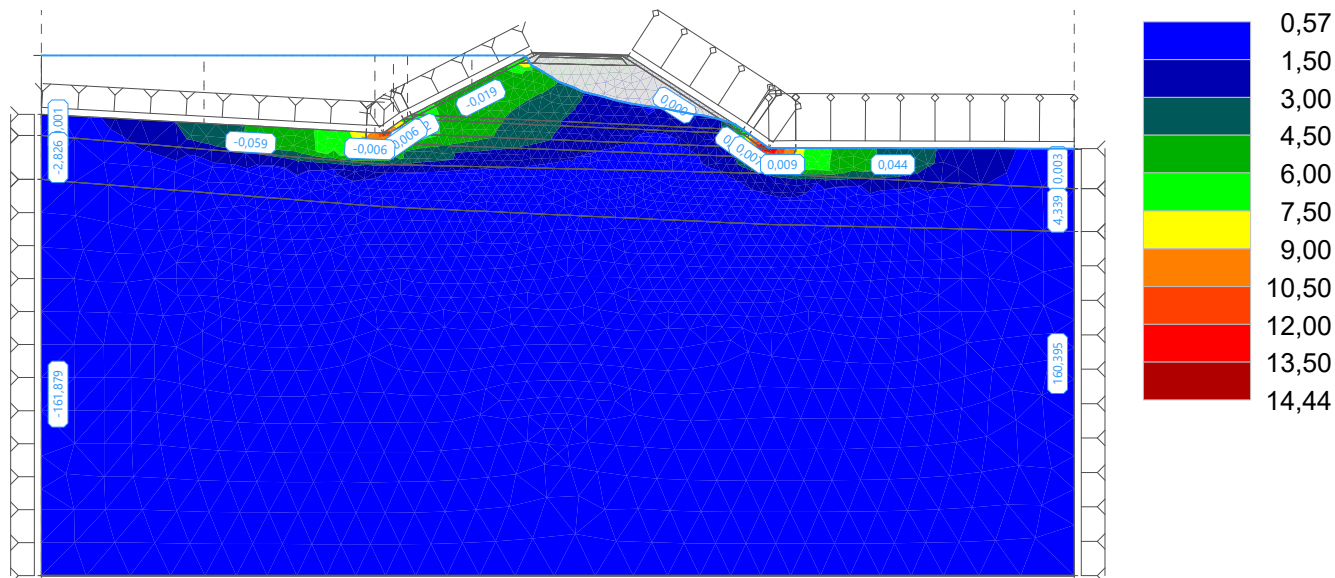
Berechnungseinstellungen : Standard



Name : Resultierende der Sickerströmungskraft

Phase : 1

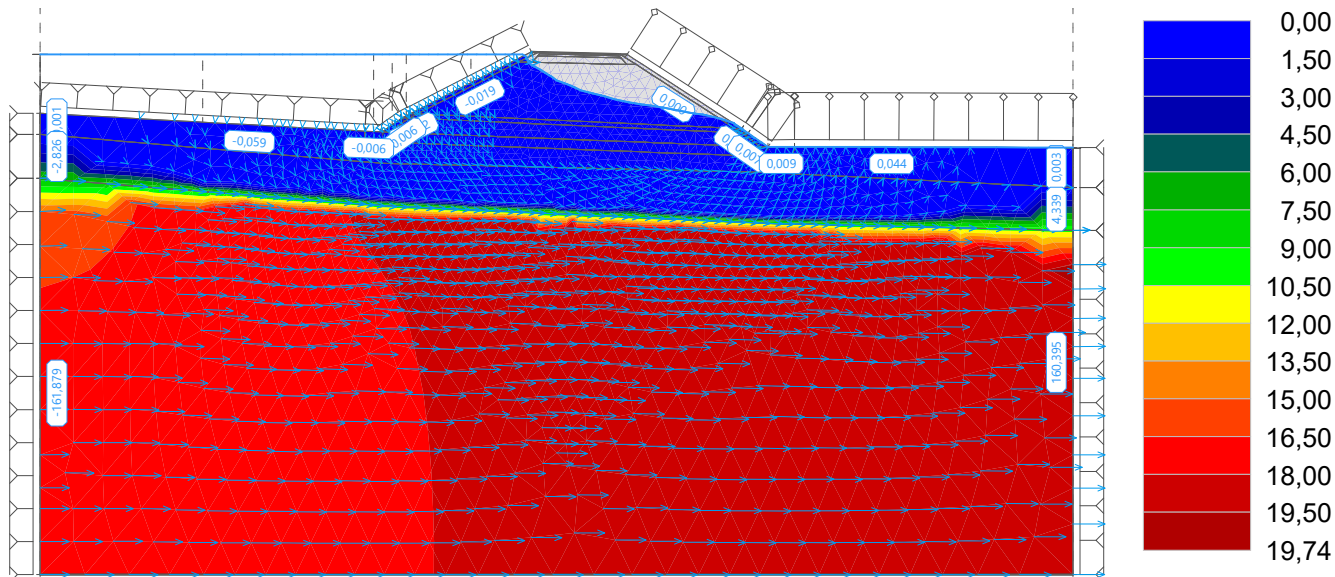
Beschreibung : A.2 Ausfall der Dichtung

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Sickerströmungskraft $|p_w|$; Bereich : <0,57; 14,44> kN/m³
 ΣQ [m³/Tag/m]

Name : Resultierende der Strömungsgeschwindigkeit

Phase : 1

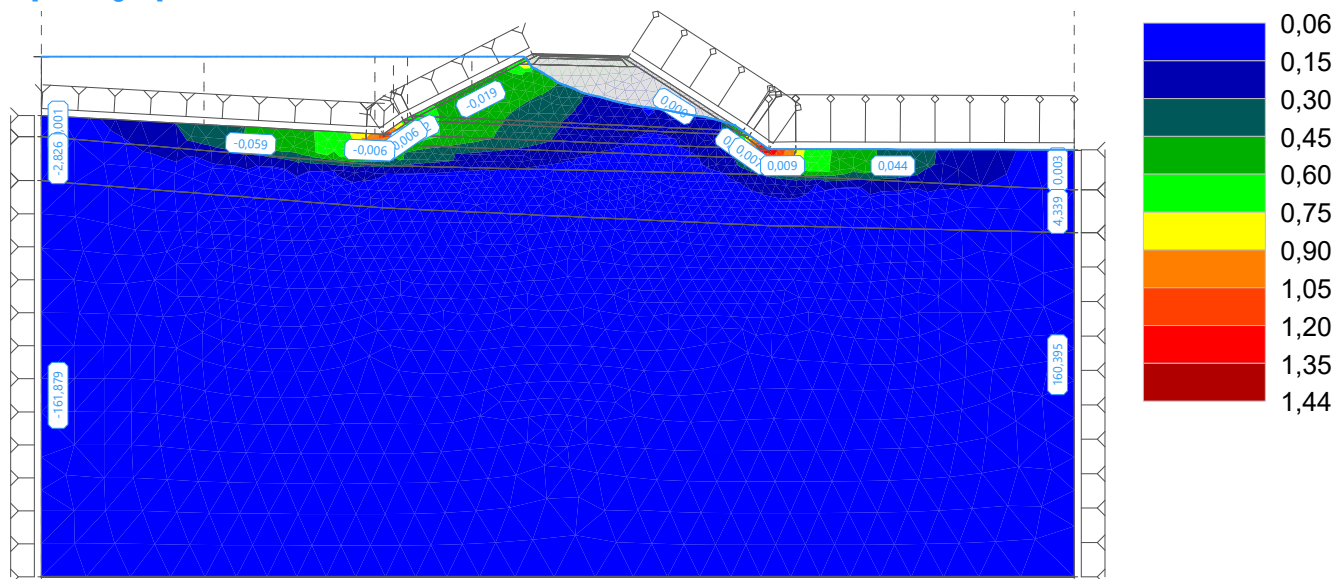
Beschreibung : A.2 Ausfall der Dichtung

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Strömungsgeschwindigkeit $|v_w|$; Bereich : <0,00; 19,74> m/Tag
 ΣQ [m³/Tag/m]

Name : Resultierende des Druckgradienten

Phase : 1

Beschreibung : A.2 Ausfall der Dichtung

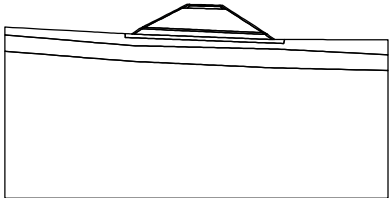
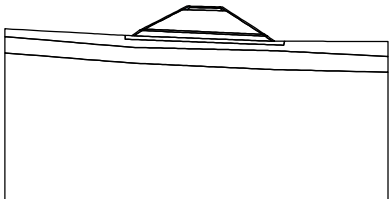
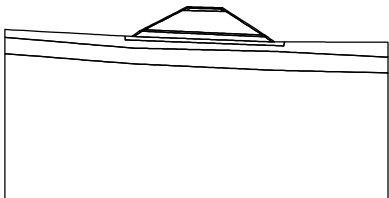
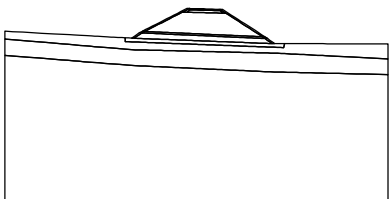
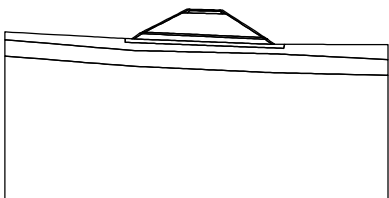
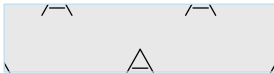
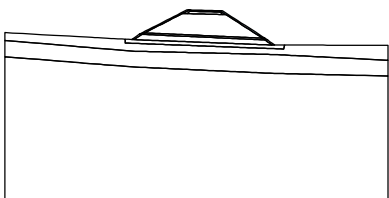
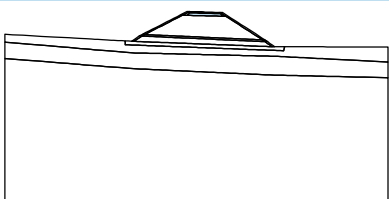
Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende des Druckgradientes $|\square h|$; Bereich : <0,06; 1,44>
 ΣQ [m³/Tag/m]

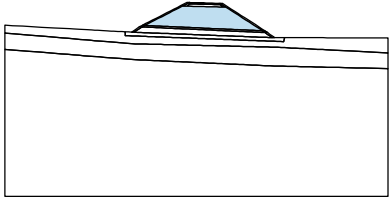
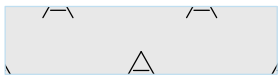
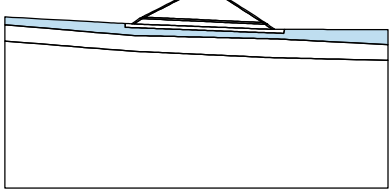
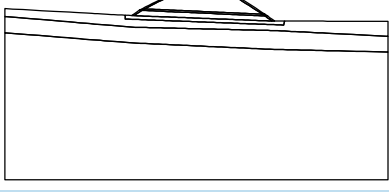
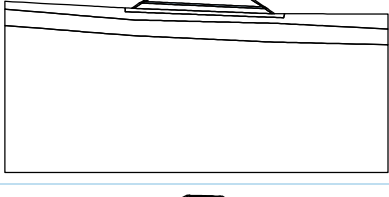
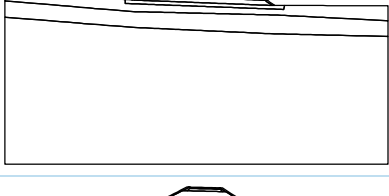
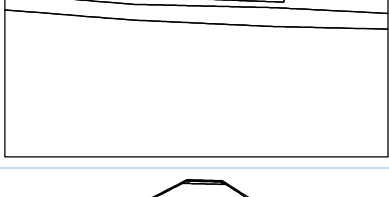
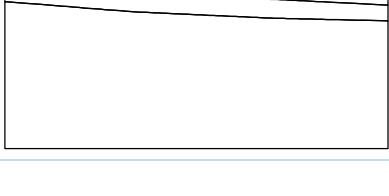
Berechneter Einlauf / Auslauf insgesamt

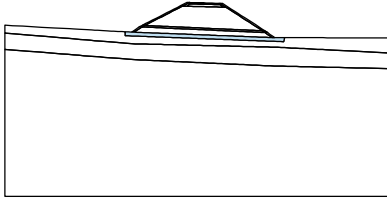
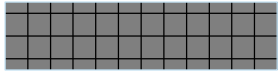
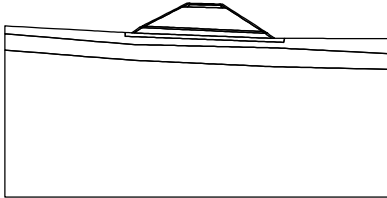
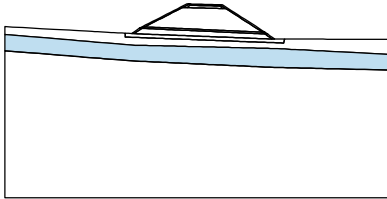
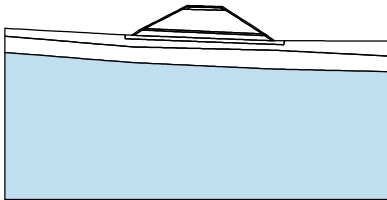
Positionierung	Einlauf [m ³ /Tag/m]	Auslauf [m ³ /Tag/m]
Linie - Strömung Nummer 5		-0,019
Linie - Strömung Nummer 6		-0,002
Linie - Strömung Nummer 7		0,000
Linie - Strömung Nummer 9		-0,006
Linie - Strömung Nummer 10	0,001	
Linie - Strömung Nummer 11	0,007	
Linie - Strömung Nummer 12		-0,006
Linie - Strömung Nummer 13	0,009	
Linie - Strömung Nummer 14	0,003	
Linie - Strömung Nummer 15	0,044	
Linie - Strömung Nummer 16		-0,059
Linie - Strömung Nummer 17		-0,001
Linie - Strömung Nummer 18	4,339	
Linie - Strömung Nummer 19		-2,826
Linie - Strömung Nummer 20		-161,879
Linie - Strömung Nummer 22	160,395	
Insgesamt	164,798	-164,798

Eingangsdaten (Bauphase 2 - A.1 Durchströmung Durchlass - BHW)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 
16		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Kontakte

Nr.	Kontakt		Positionierung	Durchlässigkeit
	neu	abgeändert		
1	Ja		Die Netzlinie Nr. 17	undurchlässig
2	Ja		Die Netzlinie Nr. 21	undurchlässig
3	Ja		Die Netzlinie Nr. 32	undurchlässig
4	Ja		Die Netzlinie Nr. 34	undurchlässig
5	Ja		Die Netzlinie Nr. 10	undurchlässig

Linie - Strömung

Nr.	Positionierung	Grenztyp	Parameter
1	Die Netzlinie Nr. 1	undurchlässig	
2	Die Netzlinie Nr. 9	undurchlässig	
3	Die Netzlinie Nr. 13	undurchlässig	
4	Die Netzlinie Nr. 18	undurchlässig	
5	Die Netzlinie Nr. 19	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
6	Die Netzlinie Nr. 22	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
7	Die Netzlinie Nr. 26	Durchsickerungs	
8	Die Netzlinie Nr. 27	undurchlässig	
9	Die Netzlinie Nr. 29	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
10	Die Netzlinie Nr. 35	Durchsickerungs	
11	Die Netzlinie Nr. 39	Durchsickerungs	

Nr.	Positionierung	Grenztyp	Parameter
12	Die Netzlinie Nr. 40	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
13	Die Netzlinie Nr. 44	Durchsickerungs	
14	Die Netzlinie Nr. 47	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 277,55 \text{ m}$
15	Die Netzlinie Nr. 48	Durchsickerungs	
16	Die Netzlinie Nr. 49	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
17	Die Netzlinie Nr. 50	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
18	Die Netzlinie Nr. 54	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 277,55 \text{ m}$
19	Die Netzlinie Nr. 55	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
20	Die Netzlinie Nr. 57	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 283,00 \text{ m}$
21	Die Netzlinie Nr. 58	undurchlässig	
22	Die Netzlinie Nr. 59	Porenwasserdruck	$z_{GWS} = 277,55 \text{ m}$

Berechnungseinstellungen

Strömung

Methode :

Änderung der Permeabilitätsmatrix :

Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :

Fehlertoleranz der Porenwasserdrücke :

Fehlertoleranz des Gleichgewichtszustandes :

Materialienschnittstellen beachten :

Newton - Raphson

nach jeder Iteration

20

0,0100

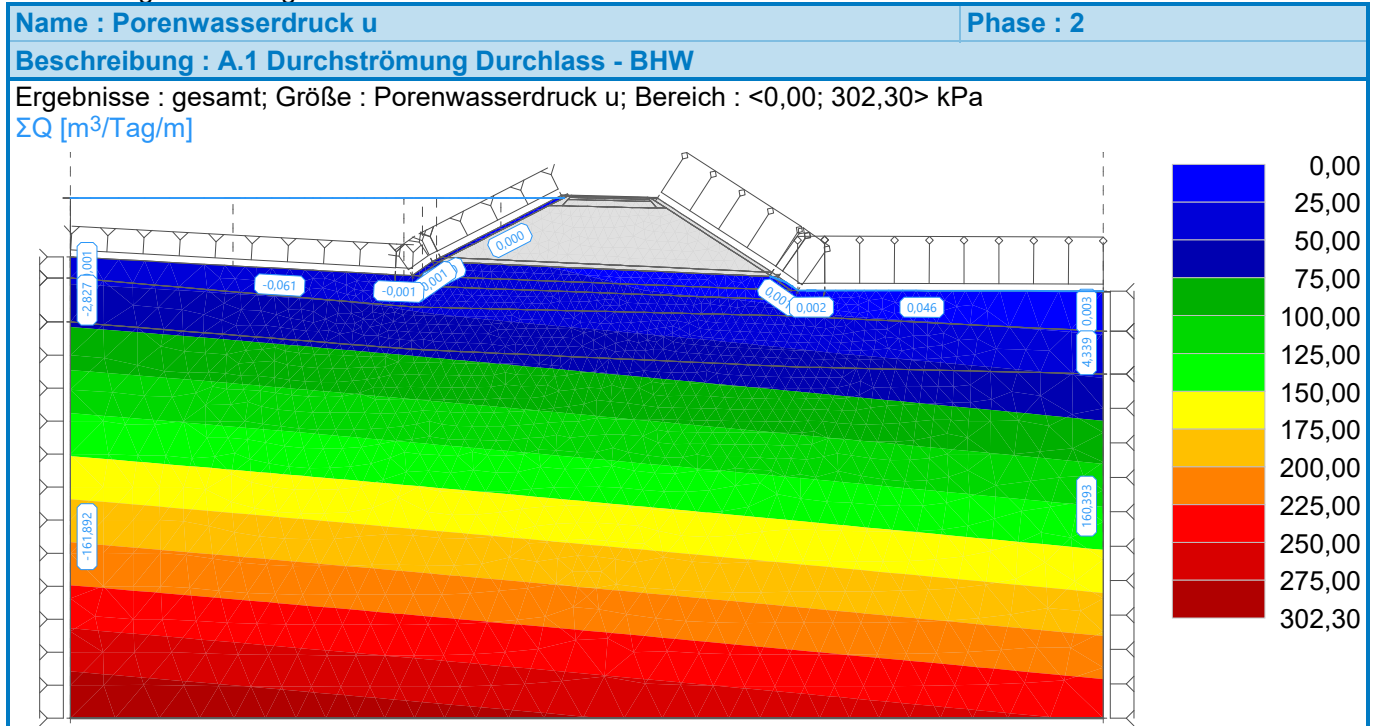
0,0100

nein

Ergebnisse (Bauphase 2 - A.1 Durchströmung Durchlass - BHW)

Berechnung der stationären Strömung ist erfolgreich durchgelaufen.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

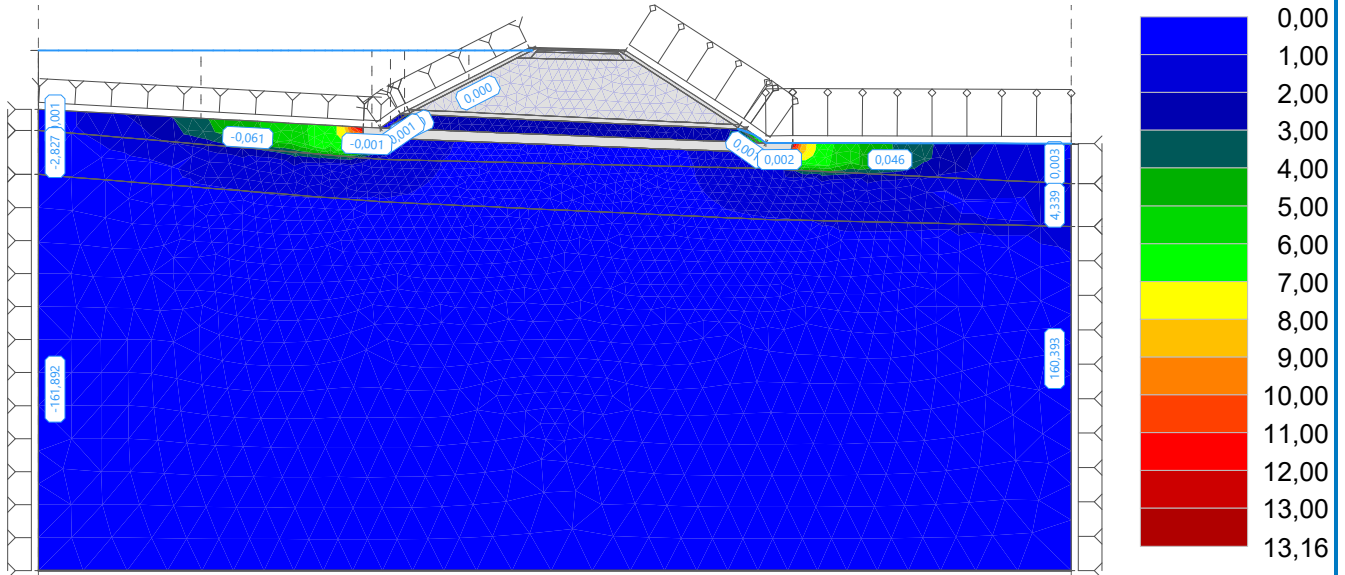


Name : Resultierende der Sickerströmungskraft

Phase : 2

Beschreibung : A.1 Durchströmung Durchlass - BHW

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Sickerströmungskraft $|p_w|$; Bereich : <0,00; 13,16> kN/m³
 ΣQ [m³/Tag/m]

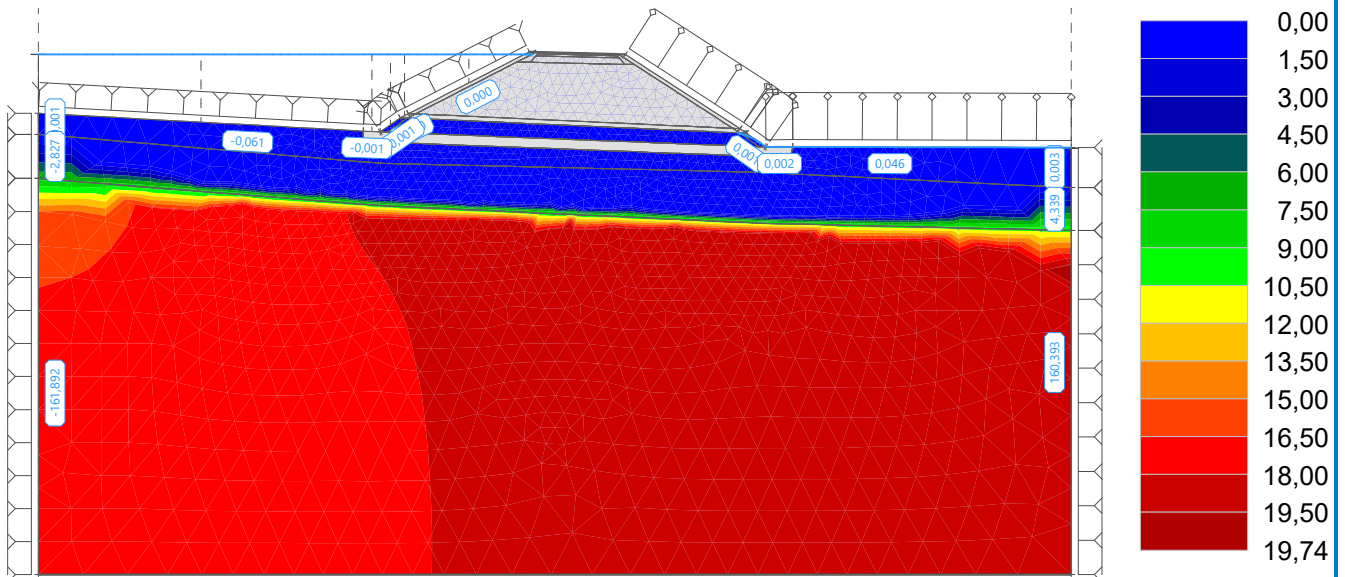


Name : Resultierende der Strömungsgeschwindigkeit

Phase : 2

Beschreibung : A.1 Durchströmung Durchlass - BHW

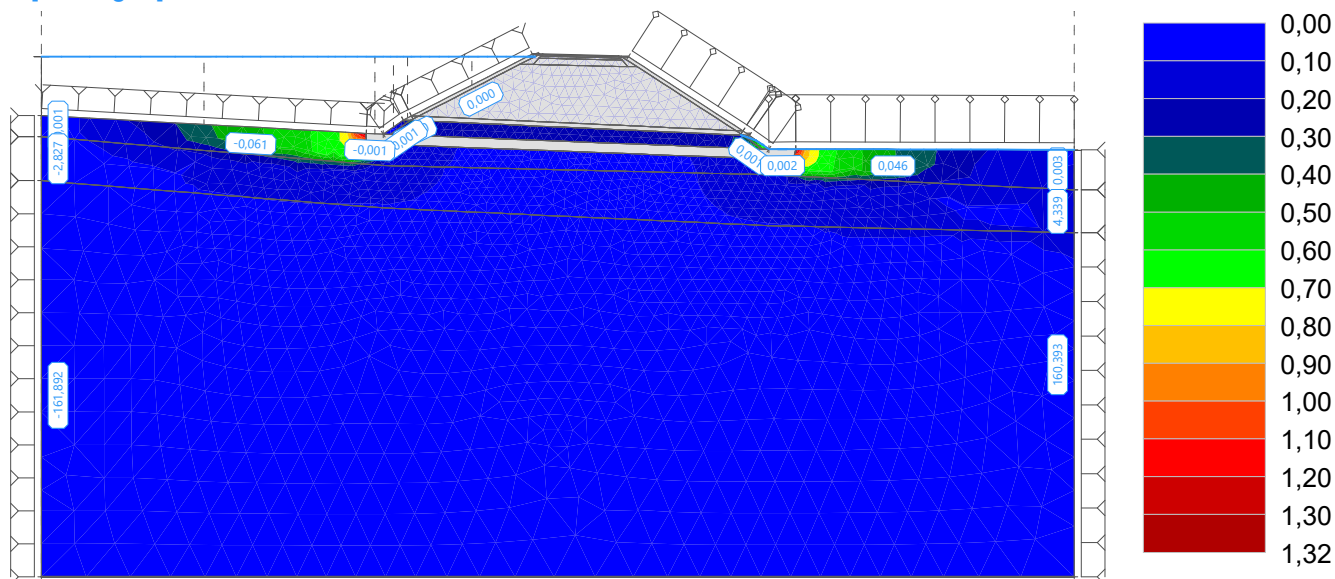
Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Strömungsgeschwindigkeit $|v_w|$; Bereich : <0,00; 19,74> m/Tag
 ΣQ [m³/Tag/m]



Name : Resultierende des Druckgradienten

Phase : 2

Beschreibung : A.1 Durchströmung Durchlass - BHW

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende des Druckgradientes $|\square h|$; Bereich : <0,00; 1,32>
 ΣQ [m³/Tag/m]

Berechneter Einlauf / Auslauf insgesamt

Positionierung	Einlauf [m ³ /Tag/m]	Auslauf [m ³ /Tag/m]
Linie - Strömung Nummer 5		0,000
Linie - Strömung Nummer 6		0,000
Linie - Strömung Nummer 9		-0,001
Linie - Strömung Nummer 11	0,001	
Linie - Strömung Nummer 12		-0,001
Linie - Strömung Nummer 13	0,002	
Linie - Strömung Nummer 14	0,003	
Linie - Strömung Nummer 15	0,046	
Linie - Strömung Nummer 16		-0,061
Linie - Strömung Nummer 17		-0,001
Linie - Strömung Nummer 18	4,339	
Linie - Strömung Nummer 19		-2,827
Linie - Strömung Nummer 20		-161,892
Linie - Strömung Nummer 22	160,393	
Insgesamt	164,783	-164,783

	GEO5 Software GmbH Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben Setzungsberechnung FEM (Endzustand)
---	--	---

Berechnung mithilfe der Finite-Elemente-Methode

Topologie

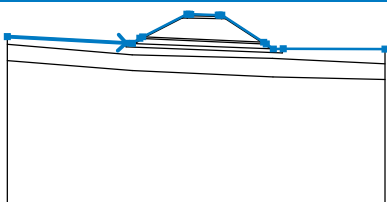
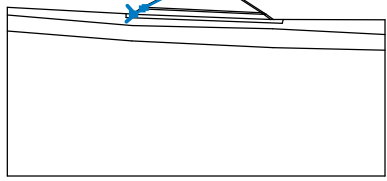
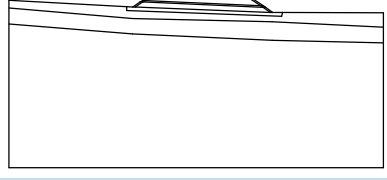
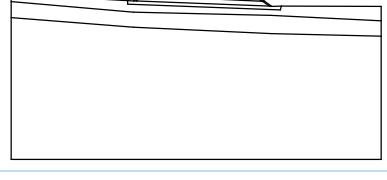
Projekt

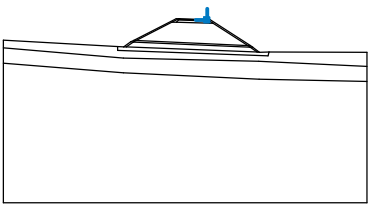
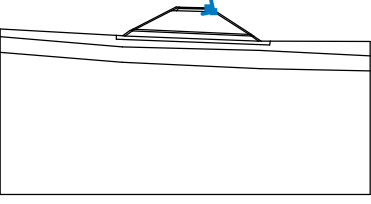
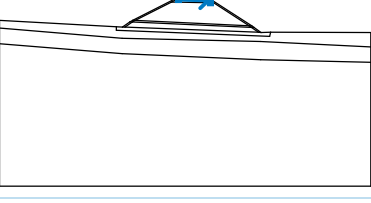
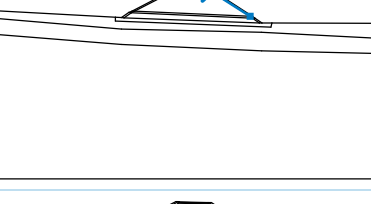
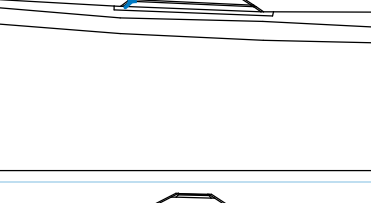
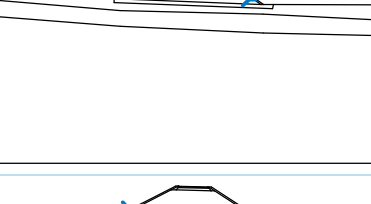
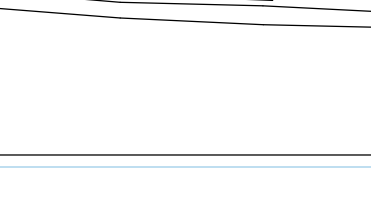
Projekt : Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
 Teil : Setzungsberechnung FEM (Endzustand)
 Beschreibung : Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
 Kunde : ABAG GmbH - Marcus Volker
 Verfasst von : Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
 Datum : 30.04.2024
 Auftragsnummer : 080923

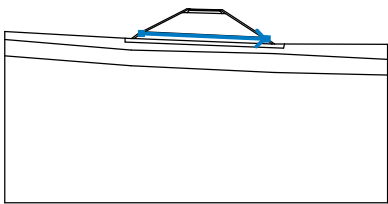
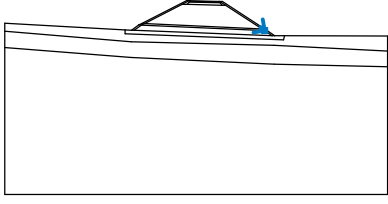
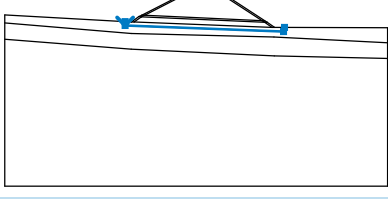
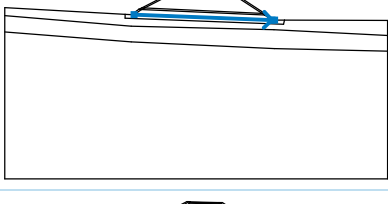
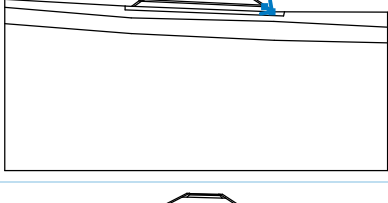
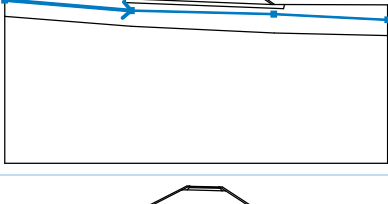
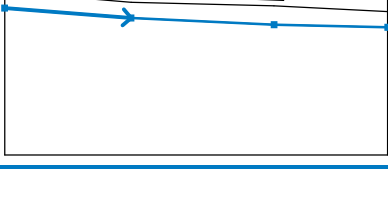
Gesamteinstellung der Berechnung

Aufgabengeometrie :	Eben
Berechnungstyp :	Spannungszustand
Tunnel :	nein
Wasser mithilfe der Berechnung der stationären Strömung eingeben :	nein
Dynamische Berechnung von Erdbeben :	nein
Betonbauten :	EN 1992-1-1 (EC2)
Berechnung des Primärspannungszustandes (1. Phase) :	Geostatischer Spannungszustand
Detailparameter der Netzerzeugung :	nein
Detailbodenparameter :	nein
Erweiterte Bodenmodelle :	nein
Detaillierte Ergebnisse :	ja

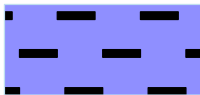
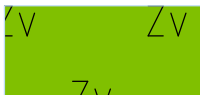
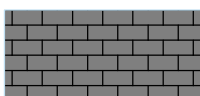
Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	279,58	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		50,00	277,58				
2		9,86	278,50	10,27	278,47	11,44	279,30
		11,91	279,54	17,78	282,54	18,94	283,13
3		17,78	282,54	18,58	282,54	18,90	282,91
		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		19,02	283,03	23,62	282,91	23,74	282,79

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
5		23,52	283,01	23,62	282,91		
6		23,70	283,00	24,61	282,41		
7		18,90	282,91	23,74	282,79	24,07	282,41
8		18,58	282,54	24,07	282,41	24,61	282,41
		30,35	278,70				
9		11,50	279,55	11,91	279,54		
10		11,91	279,54	30,35	278,70	30,75	278,69
11		11,03	279,32	11,44	279,30		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
12		11,44	279,30	30,73	278,43	31,13	278,42
13		30,35	278,70	30,73	278,43		
14		8,87	278,54	8,87	277,94	33,67	277,00
		33,82	277,63				
15		10,27	278,47	31,87	277,63	32,27	277,62
16		30,73	278,43	31,87	277,63		
17		-10,00	278,35	9,83	276,67	32,16	276,14
		50,00	275,25				
18		-10,00	275,79	9,80	274,21	32,21	273,18
		50,00	272,77				

Bodenparameter - Grunddaten

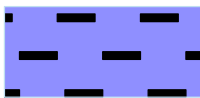
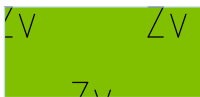
Nr.	Name	Probe	Y [kN/m³]	E [MPa]	v [-]
1	Tallehm		19,00	3,71	0,30
2	Verwitterungston		21,00	7,43	0,30
3	Fels, verwittert		23,00	83,33	0,25
4	Asphalt		25,00	270,00	0,20
5	HGT		22,00	270,00	0,20
6	Frostschuttschicht		20,00	50,00	0,25
7	Steinstückung in Beton		20,00	270,00	0,20
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00	33,33	0,25

Bodenparameter - Daten nach Modell

Nr.	Materialmodell	C _{ef} [kPa]	Φ _{ef} [°]	Ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	2,50	25,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	15,00	25,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	1,00	37,50	0,00
4	Mohr - Coulomb	250,00	35,00	0,00
5	Mohr - Coulomb	150,00	40,00	0,00
6	Mohr - Coulomb	1,00	35,00	0,00
7	Mohr - Coulomb	300,00	35,00	0,00
8	Mohr - Coulomb	60,00	30,00	0,00

Bodenparameter - Auftrieb

Nr.	Name	Probe	Y _{sat} [kN/m³]	Y _s [kN/m³]	n [-]
1	Tallehm		19,00		

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
2	Verwitterungston		21,00		
3	Fels, verwittert		23,00		
4	Asphalt		25,00		
5	HGT		24,00		
6	Frostschuttschicht		22,00		
7	Steinstückung in Beton		22,00		
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00		

Bodenparameter

Tallehm

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonzahl : $\nu = 0,30$
Elastizitätsmodul : $E = 3,71 \text{ MPa}$
Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 11,10 \text{ MPa}$
Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 2,50 \text{ kPa}$
Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Verwitterungston

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonzahl : $\nu = 0,30$
Elastizitätsmodul : $E = 7,43 \text{ MPa}$
Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 22,30 \text{ MPa}$
Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Fels, verwittert

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 83,33 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 250,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 37,50^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Asphalt

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 250,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

HGT

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 40,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Frostschuttschicht

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 50,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 150,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

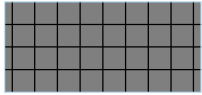
Steinstückung in Beton

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 300,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

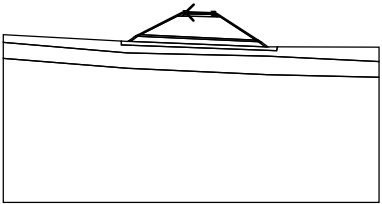
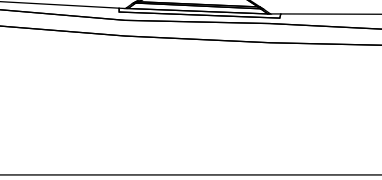
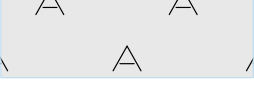
Dammschüttung (verbessert)

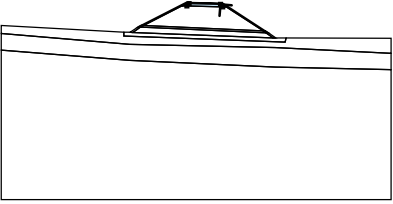
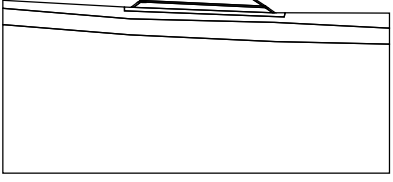
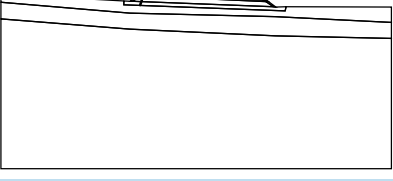
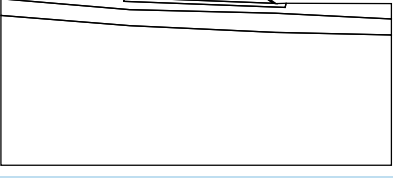
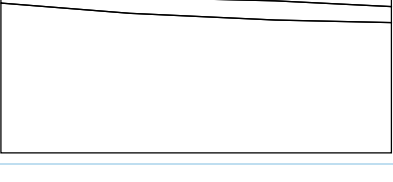
Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 33,33 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 100,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Starre Körper

Nr.	Name	Probe	γ [kN/m ³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,74	282,79	23,62	282,91	HGT 
		19,02	283,03	18,90	282,91	
3		18,58	282,54	18,90	282,91	Dammschüttung (verbessert) 
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	17,78	282,54	
4		24,61	282,41	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
5		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
6		11,91	279,54	17,78	282,54	Steinstückung in Beton
		18,94	283,13	18,53	283,15	
		11,50	279,55			
7		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
8		30,35	278,70	24,61	282,41	Dammschüttung (verbessert)
		24,07	282,41	18,58	282,54	
		17,78	282,54	11,91	279,54	
9		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	24,61	282,41	
		30,35	278,70			
10		11,03	279,32	9,86	278,50	Steinstückung in Beton
		10,27	278,47	11,44	279,30	
11		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert)
		11,44	279,30	30,73	278,43	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
12		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m
		30,75	278,69	30,35	278,70	
13		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert)
		10,27	278,47	31,87	277,63	
14		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton
		31,13	278,42	30,73	278,43	
15		31,87	277,63	10,27	278,47	Dammschüttung (verbessert)
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
		33,82	277,63	32,27	277,62	
16		9,83	276,67	32,16	276,14	Tallehm
		50,00	275,25	50,00	277,58	
		33,82	277,63	33,67	277,00	
		8,87	277,94	8,87	278,54	
		-10,00	279,58	-10,00	278,35	
17		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
18		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Linienverfeinerung

Nr.	Positionierung	Radius r [m]	Länge l [m]
1	Rand unten	20,00	2,00
2	Rand rechter	10,00	2,00
3	Rand linker	10,00	2,00
4	Schnittstelle Nr. 8, Linie Nr. 1	10,00	0,50
5	Schnittstelle Nr. 14, Linie Nr. 2	10,00	0,50

Netzerzeugung

Parameter der Netzerzeugung

Kantenlänge der Elemente : 1,00 [m]
Netz glätten : ja
Mehr-Knoten-Elemente erzeugen : ja

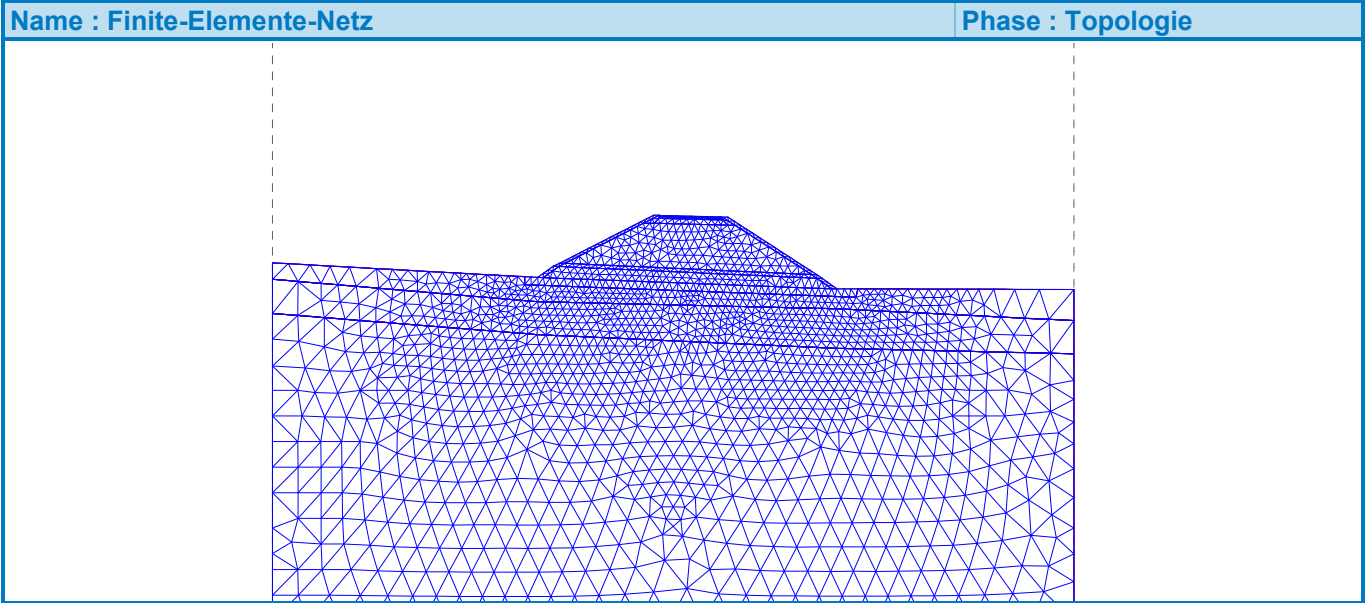
Ergebnis der Netzerzeugung

Das Finite-Elemente-Netz wurde erfolgreich erzeugt.

Anzahl der Knoten 9079
Anzahl der Elemente 5484 (Flächen- 3352, Balken- 533, Übergangs- 1599)

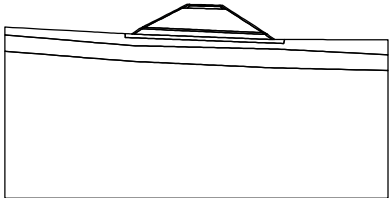
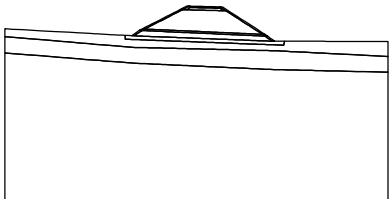
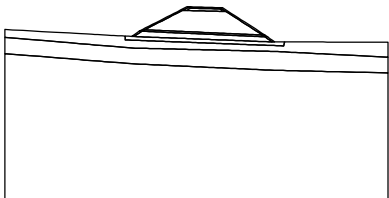
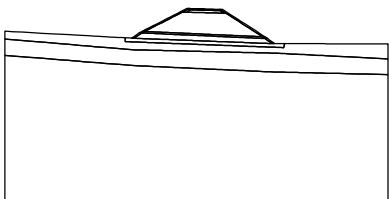
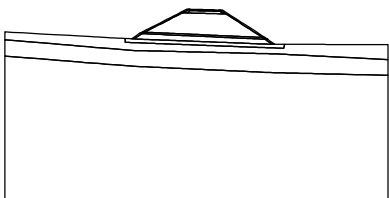
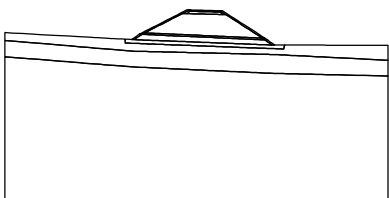
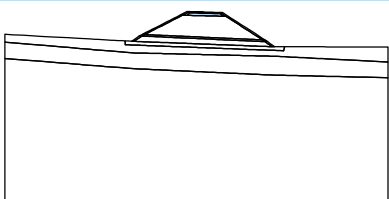
Warnung

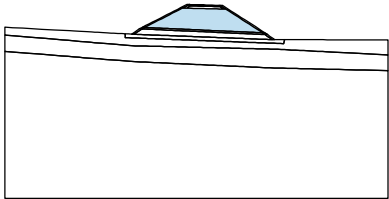
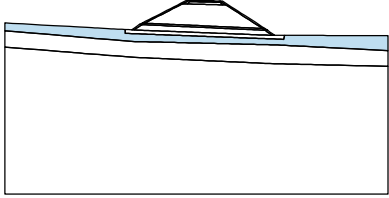
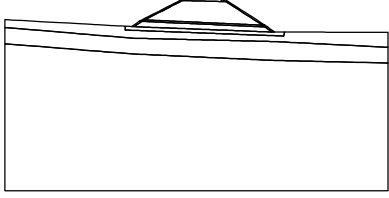
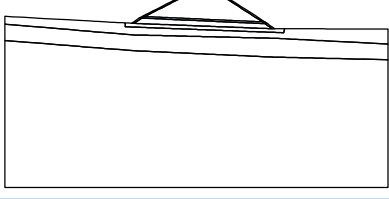
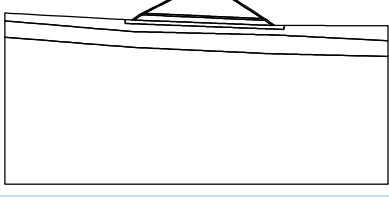
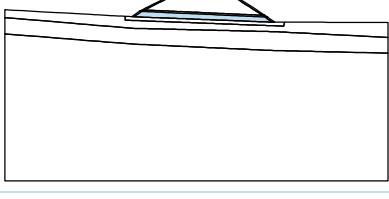
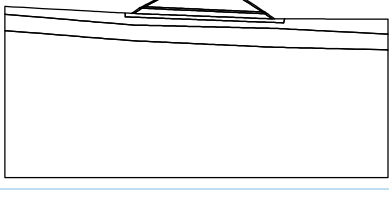
- [W086] Der Netzpunkt (23,52; 283,01) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.
- [W086] Der Netzpunkt (19,12; 283,12) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.
- [W086] Der Netzpunkt (19,02; 283,03) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,12; 283,12) .. (18,94; 283,13)}.
- [W086] Der Netzpunkt (23,62; 282,91) liegt zu nahe zur Linie LI{(23,70; 283,00) .. (23,52; 283,01)}.

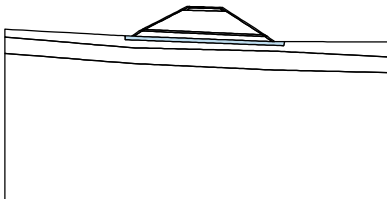
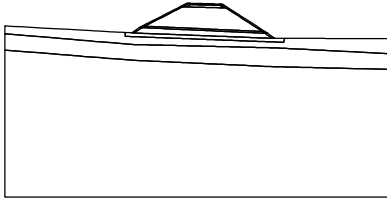
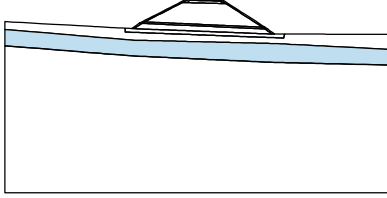
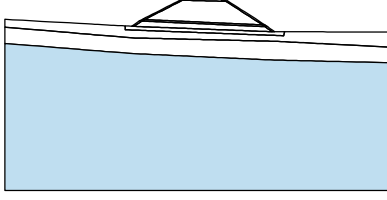


Eingangsdaten (Bauphase 1 - Ausgangszustand - Entfernen des alten Damms)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Inaktiv	
12		Inaktiv	
13		Inaktiv	
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Inaktiv	
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Positionierung	Stütze	
		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.			

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :

Steifigkeitsmatrix :

Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :

Ursprünglicher Berechnungsschritt :

Toleranz des Verschiebungsfehlers :

Fehlertoleranz der unausgeglichene Kräfte :

Toleranz des Energiefehlers :

Newton - Raphson

nach jeder Iteration

100

0,1000

0,0100

0,0100

0,0100

Materialienschnittstellen beachten :

nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :

0,00100

Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :

20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :

2,00

Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :

2

Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :

1

Line search

Lösungstyp :

nicht iterieren

Line search Limit - Minimum :

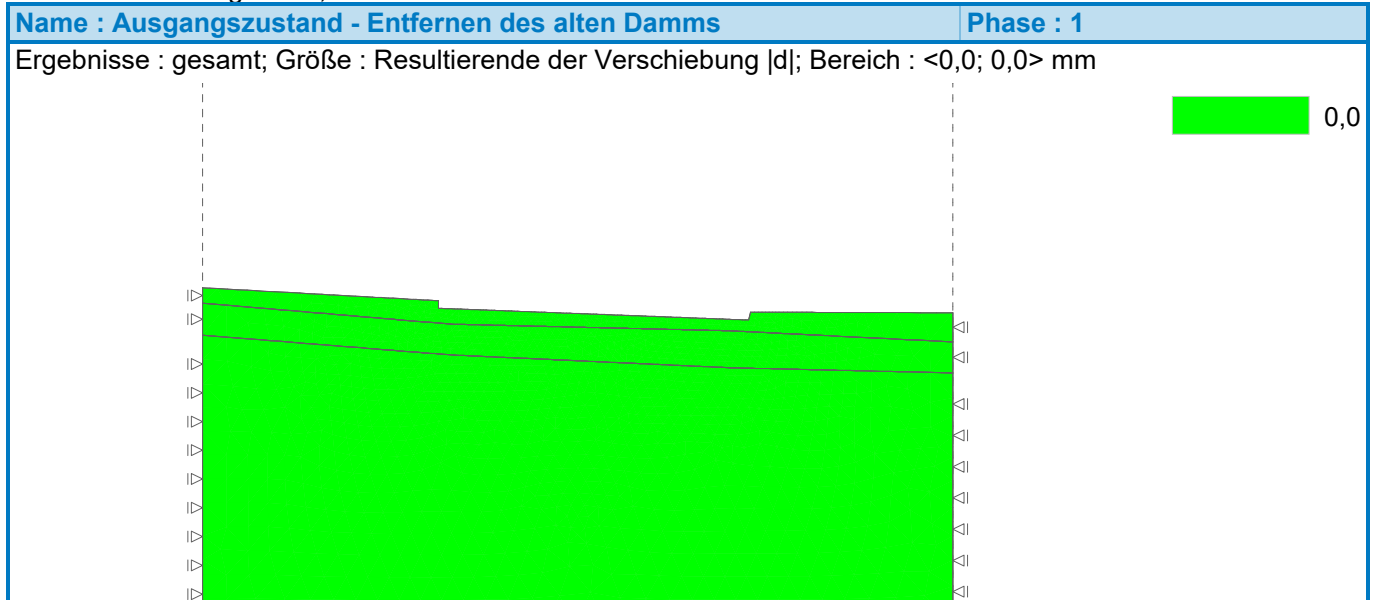
0,100

Line search Limit - Maximum :

1,000

Ergebnisse (Bauphase 1 - Ausgangszustand - Entfernen des alten Damms)**Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.**Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

**Extremwerte****Spannung (Extremwerte)**

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	591,96
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	591,96
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	9,98	252,77	-7,04	33,79	271,95	2,48
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,86	-10,00	252,77	328,84
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,86	-10,00	252,77	328,84
Vergleichsspannung J [kPa]	25,93	277,29	0,00	-10,00	252,77	227,87

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-1,18	-10,00	252,77	591,96
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-1,18	-10,00	252,77	591,96
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,59	-10,00	252,77	197,30
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,59	-10,00	252,77	197,30

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	25,93	277,29	0,00	36,51	273,62	0,93
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,87	278,54	0,01
Dehnung ϵ_x [%]	-10,00	279,58	-0,05	9,37	277,92	0,05
Dehnung ϵ_z [%]	50,00	277,58	-0,01	38,88	273,63	0,80
Schubverformung γ_{xz} [%]	9,05	277,17	-0,19	33,47	276,54	0,14
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	8,87	278,54	0,00
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Volumendehnung ϵ_v [%]	-10,00	279,58	-0,03	38,88	273,63	0,80
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	-10,00	279,58	-0,05	9,37	277,92	0,06
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	9,37	277,92	-0,02	38,88	273,63	0,80
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

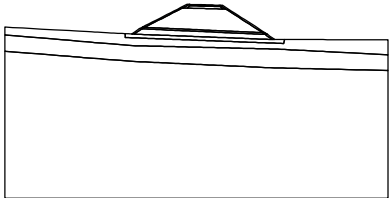
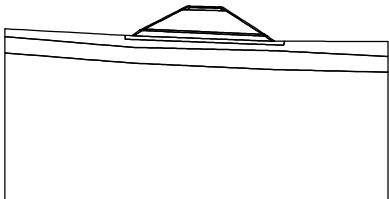
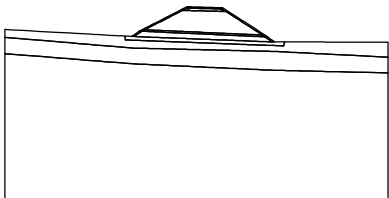
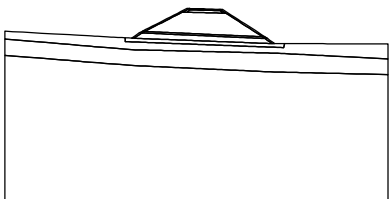
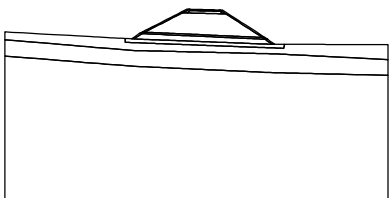
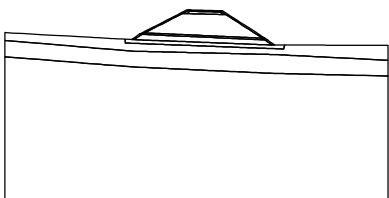
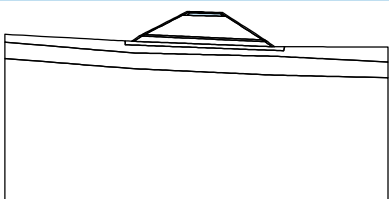
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	27,22	277,24	3,43	-10,00	268,12	83,93

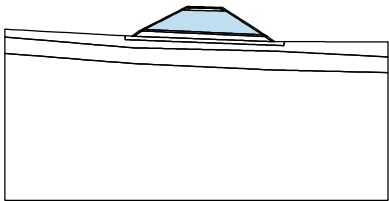
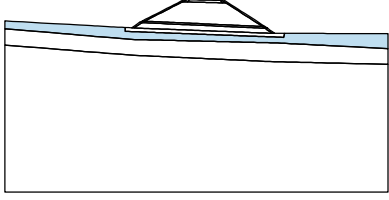
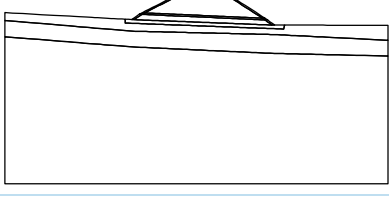
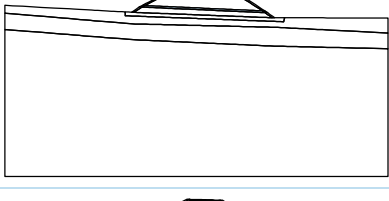
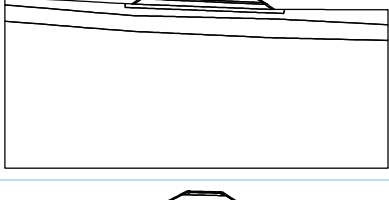
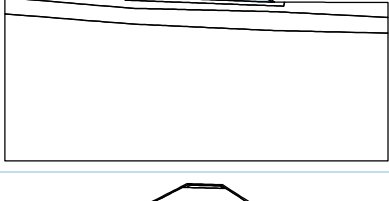
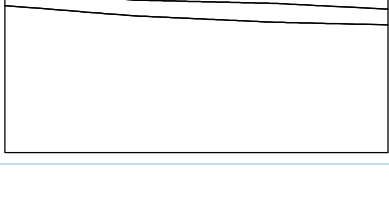
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

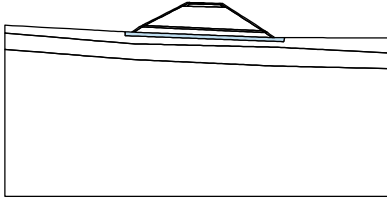
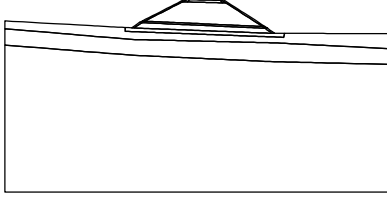
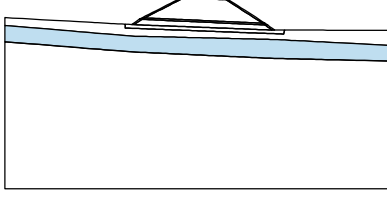
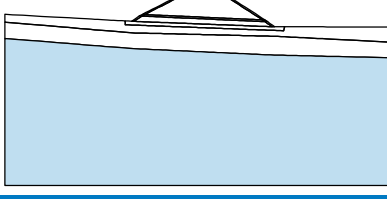
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 2 - Aufbringen von Auflast pk neben Damm)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Inaktiv	
12		Inaktiv	
13		Inaktiv	
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Inaktiv	
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

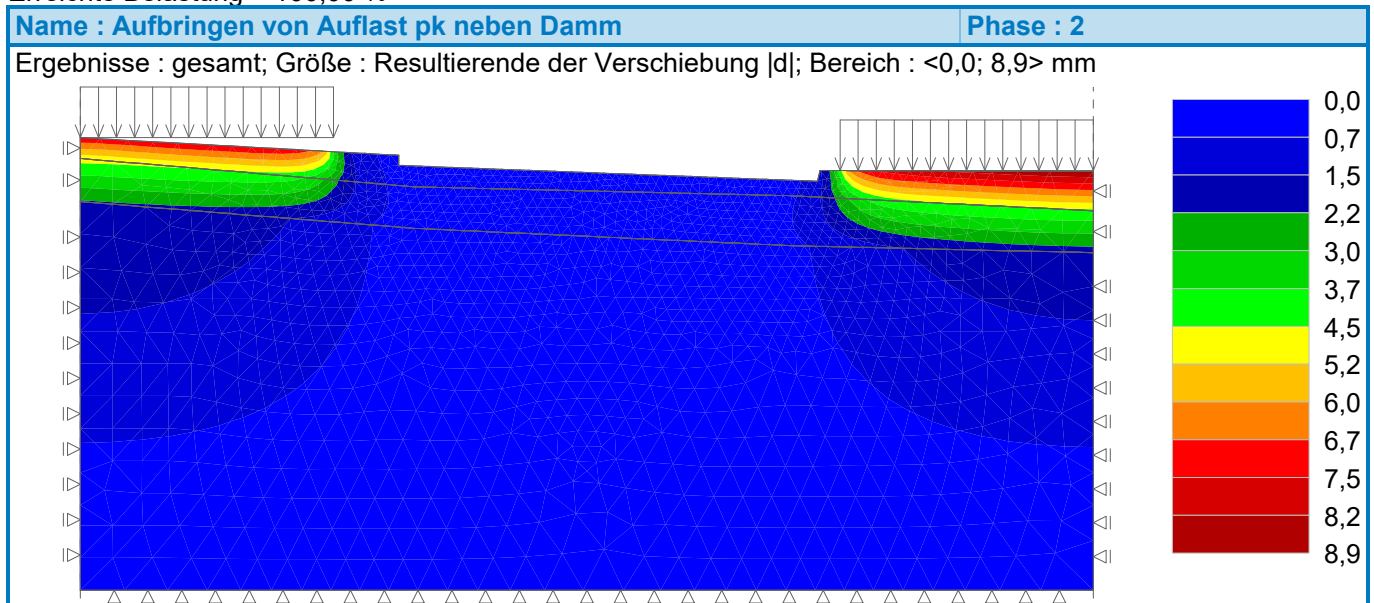
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 2 - Aufbringen von Auflast pk neben Damm)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-1,0	34,90	275,09	0,7
Verformung z [mm]	34,90	275,09	0,0	50,00	277,58	8,9

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	599,57
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	599,57
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,73	-10,00	252,77	199,78
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,73	-10,00	252,77	199,78
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	8,26	252,77	-8,31	34,56	271,99	4,98
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,91	-10,00	252,77	333,06
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,91	-10,00	252,77	333,06
Vergleichsspannung J [kPa]	25,93	277,29	0,00	-10,00	252,77	230,80
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,86	-10,00	252,77	199,78
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,86	-10,00	252,77	199,78
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,69	-10,00	252,77	599,57
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,69	-10,00	252,77	599,57
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,63	-10,00	252,77	199,84
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,63	-10,00	252,77	199,84

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	25,93	277,29	0,00	38,88	273,63	1,04
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,87	278,54	0,01
Dehnung ϵ_x [%]	-10,00	279,58	-0,07	9,37	277,92	0,06
Dehnung ϵ_z [%]	9,37	277,92	-0,02	38,88	273,63	0,90
Schubverformung γ_{xz} [%]	9,05	277,17	-0,20	34,60	276,44	0,20
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	8,87	278,54	0,00
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Volumendehnung ϵ_v [%]	8,87	278,54	-0,03	38,88	273,63	0,89
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	-10,00	279,58	-0,07	9,37	277,92	0,07

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ε_2 [%]	9,37	277,92	-0,03	38,88	273,63	0,90
Hauptdehnung ε_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

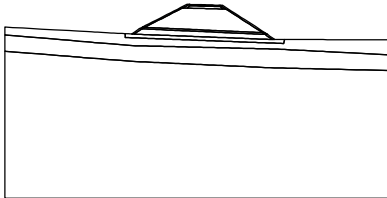
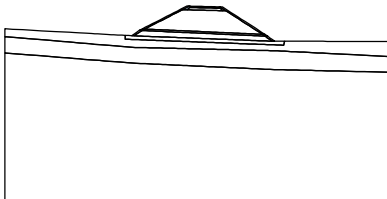
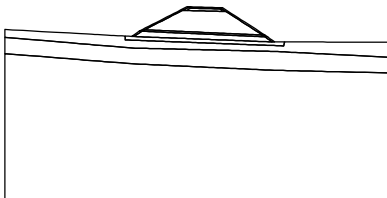
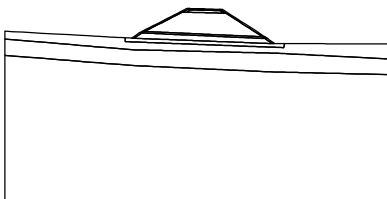
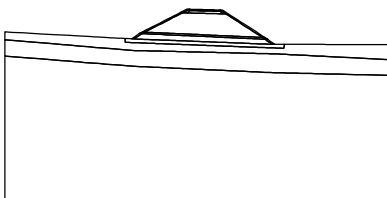
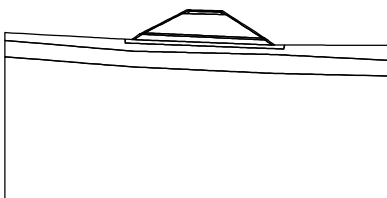
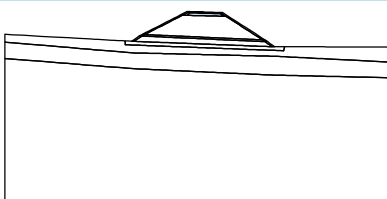
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	27,22	277,24	3,37	-10,00	279,58	90,46

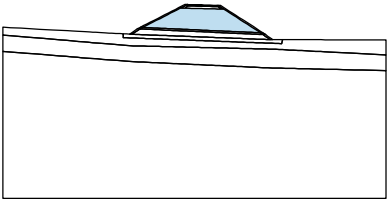
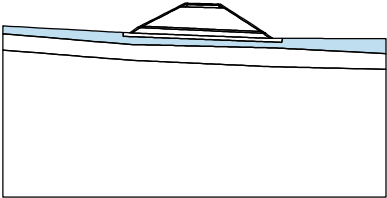
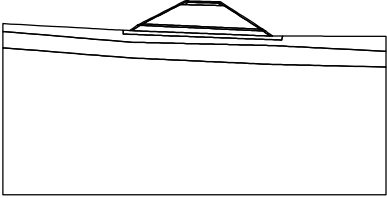
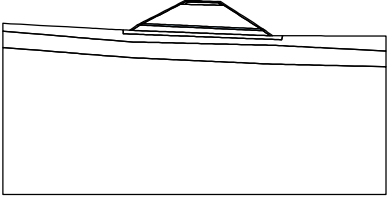
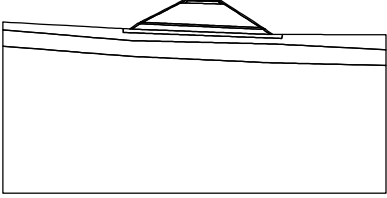
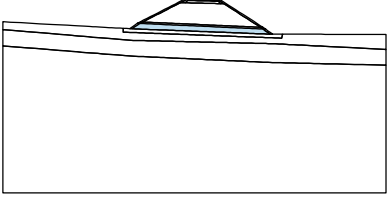
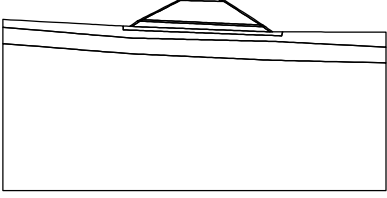
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

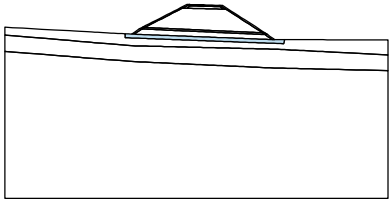
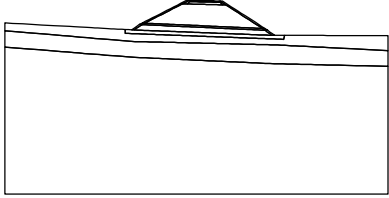
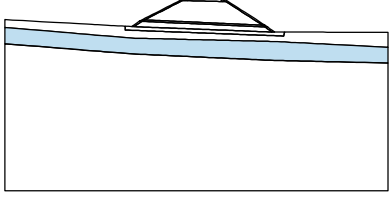
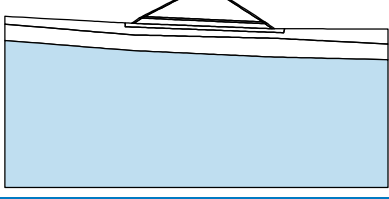
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 3 - Schüttung der Dammsohle)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Inaktiv	
12		Inaktiv	
13		Inaktiv	
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 9,00	l = 25,00		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

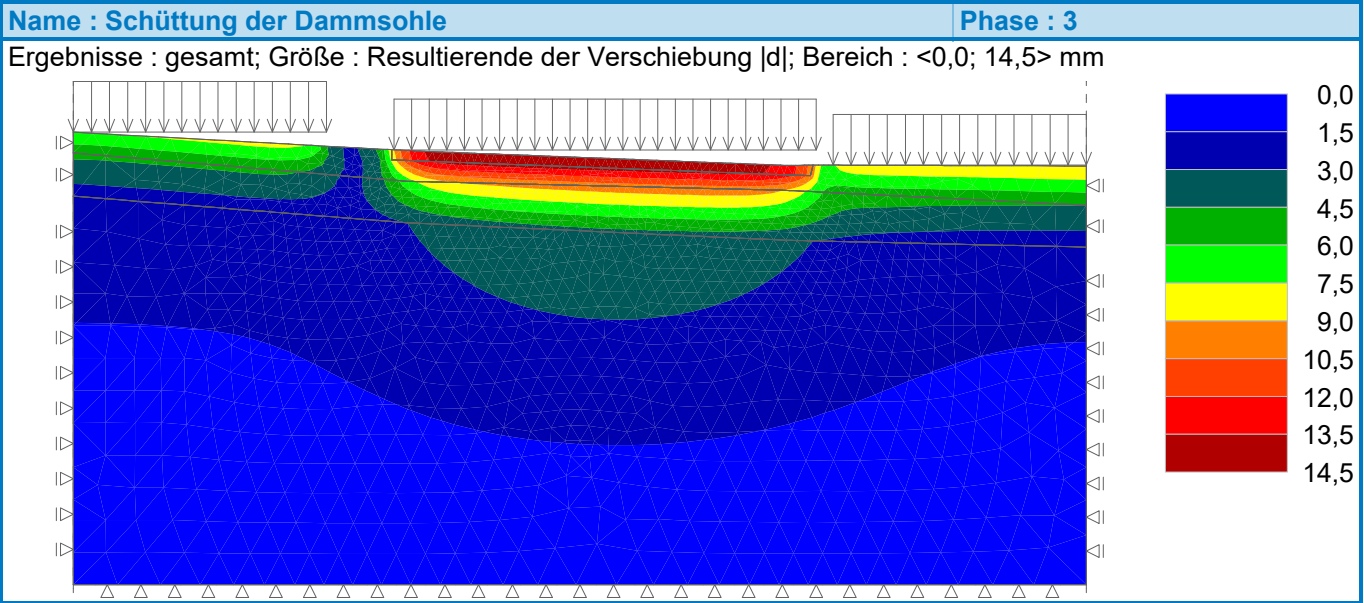
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 3 - Schüttung der Dammsohle)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : Standard

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-2,7	9,05	277,17	0,8
Verformung z [mm]	9,05	277,17	0,0	17,67	278,18	14,5

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	6,04	278,70	-0,27	-10,00	252,77	602,46
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	6,04	278,70	-0,27	-10,00	252,77	602,46
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,67	278,61	-3,80	-10,00	252,77	200,77
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,67	278,61	-3,80	-10,00	252,77	200,77
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	9,98	252,77	-5,42	8,87	277,94	5,18
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	7,67	278,61	-1,67	-10,00	252,77	334,68
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	7,67	278,61	-1,67	-10,00	252,77	334,68
Vergleichsspannung J [kPa]	34,45	277,63	1,26	-10,00	252,77	231,91
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	8,35	278,57	-3,91	-10,00	252,77	200,77
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	8,35	278,57	-3,91	-10,00	252,77	200,77
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	6,04	278,70	-0,22	-10,00	252,77	602,46
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	6,04	278,70	-0,22	-10,00	252,77	602,46
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	7,67	278,61	-1,15	-10,00	252,77	200,81
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	7,67	278,61	-1,15	-10,00	252,77	200,81

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	30,39	277,69	0,02	21,65	274,06	1,04
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,35	278,57	0,15
Dehnung ϵ_x [%]	8,35	278,57	-0,12	34,53	276,85	0,07
Dehnung ϵ_z [%]	6,04	278,70	0,01	21,65	274,06	0,90
Schubverformung γ_{xz} [%]	5,49	277,57	-0,17	8,63	277,56	0,09
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	-0,07	-10,00	278,35	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,35	278,57	0,07
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	33,82	277,63	-0,04	8,35	278,57	0,03
Volumendehnung ϵ_v [%]	8,35	278,57	-0,02	38,88	273,63	0,90
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	35,04	277,63	0,00	34,74	277,22	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	8,35	278,57	-0,13	34,53	276,85	0,07

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ε_2 [%]	9,86	278,50	0,01	21,65	274,06	0,90
Hauptdehnung ε_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

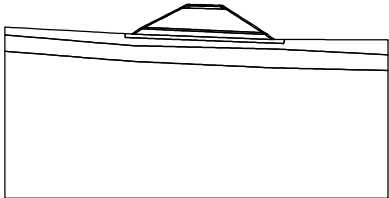
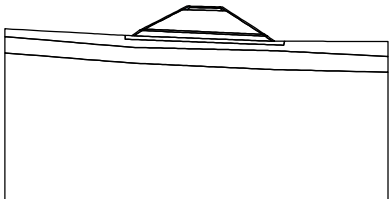
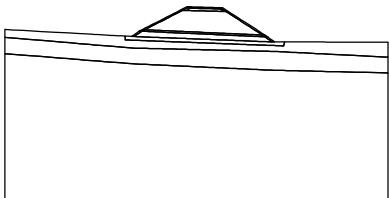
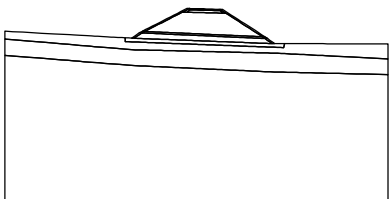
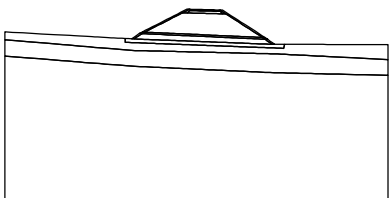
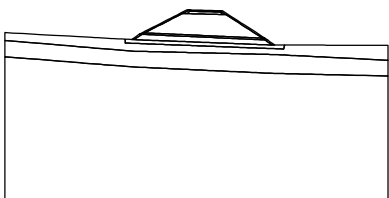
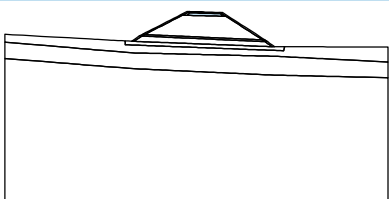
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,28	278,43	4,30	7,67	278,61	100,00

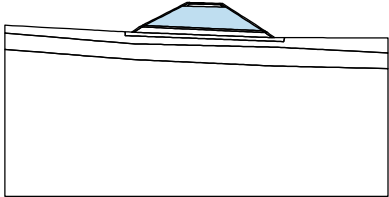
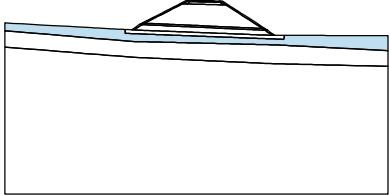
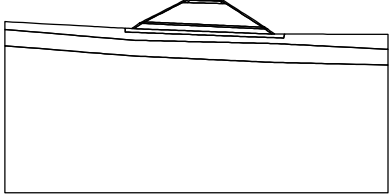
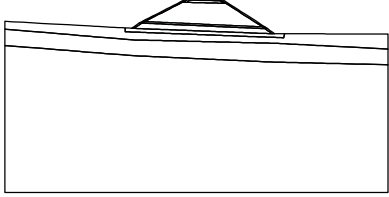
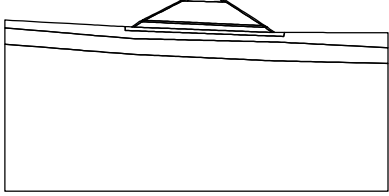
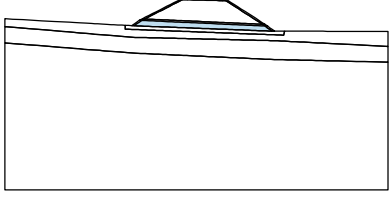
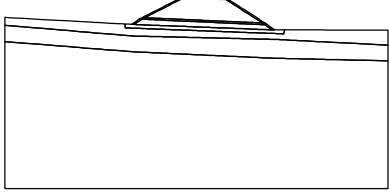
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

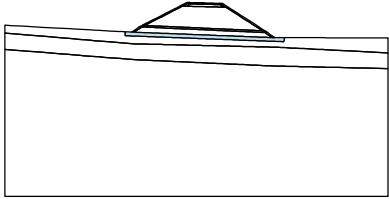
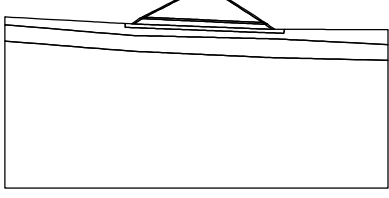
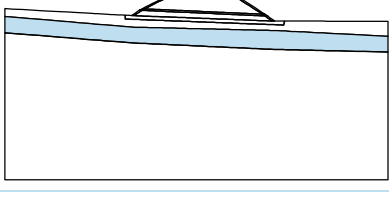
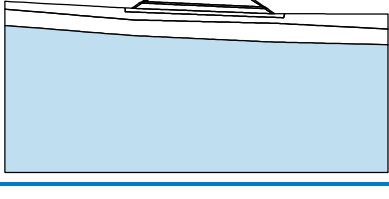
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 4 - Lagerweise Schüttung des HWS-Damms (1/2))

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm 
10		Inaktiv	
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
12		Inaktiv	
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 12,00	l = 18,00		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

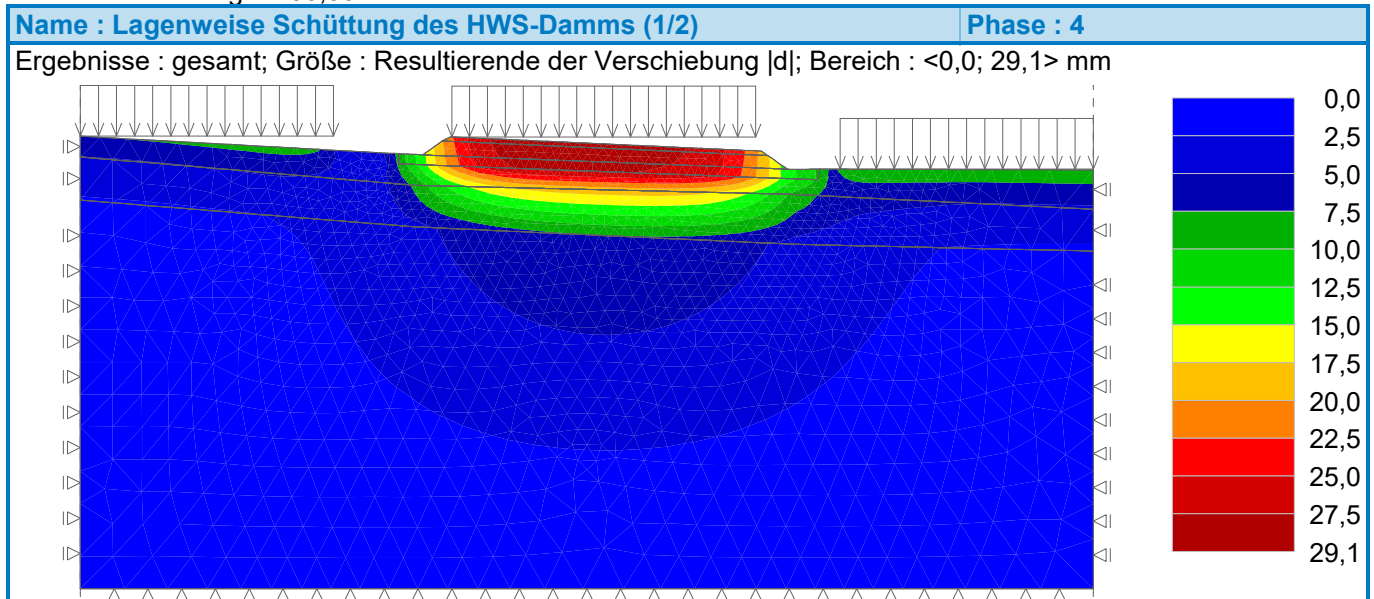
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 4 - Lagerweise Schüttung des HWS-Damms (1/2))

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : Standard

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-4,9	30,35	278,70	1,8
Verformung z [mm]	30,35	278,70	0,0	17,66	279,28	29,0

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	8,35	278,57	-0,53	-10,00	252,77	604,27
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	8,35	278,57	-0,53	-10,00	252,77	604,27
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-22,37	-10,00	252,77	201,38
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-22,37	-10,00	252,77	201,38
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	30,88	277,67	-8,35	11,28	278,43	7,88
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-9,36	-10,00	252,77	335,69
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-9,36	-10,00	252,77	335,69
Vergleichsspannung J [kPa]	34,45	277,63	0,35	-10,00	252,77	232,60
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-22,44	-10,00	252,77	201,38
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-22,44	-10,00	252,77	201,38
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-3,67	-10,00	252,77	604,27
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-3,67	-10,00	252,77	604,27
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-5,62	-10,00	252,77	201,41
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-5,62	-10,00	252,77	201,41

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	10,62	278,72	0,01	15,74	276,91	1,35
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,35	278,57	0,17
Dehnung ϵ_x [%]	8,35	278,57	-0,13	34,53	276,85	0,08
Dehnung ϵ_z [%]	30,35	278,70	-0,01	16,27	276,90	1,15
Schubverformung γ_{xz} [%]	31,36	276,62	-0,33	10,86	277,01	0,26
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	-10,00	278,35	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	33,82	277,63	-0,04	8,35	278,57	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	8,35	278,57	-0,02	16,81	276,89	1,12
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	-10,00	278,35	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	8,35	278,57	-0,13	34,53	276,85	0,08

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ε_2 [%]	11,44	279,30	-0,02	16,27	276,90	1,15
Hauptdehnung ε_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

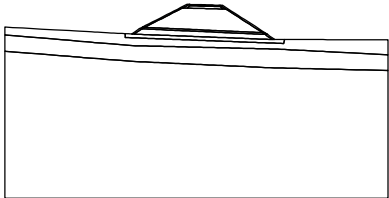
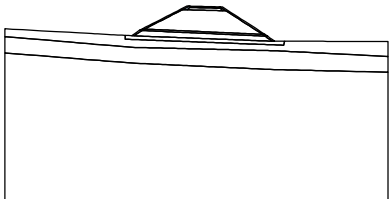
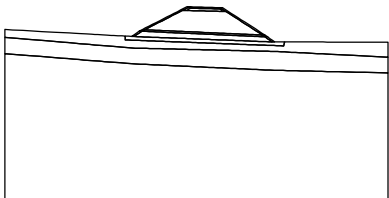
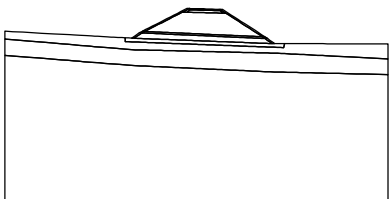
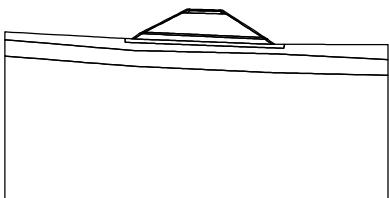
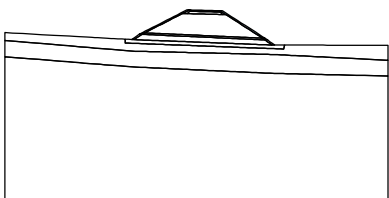
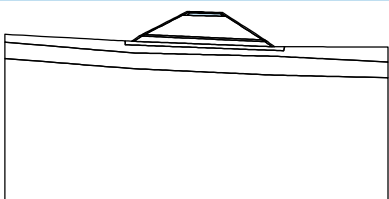
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	33,30	277,63	4,19	-10,00	279,58	99,12

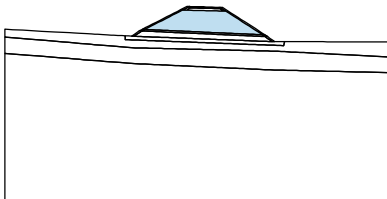
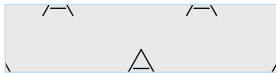
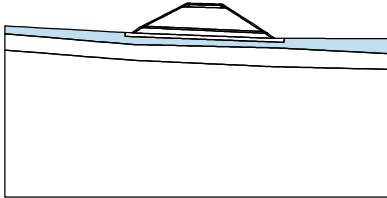
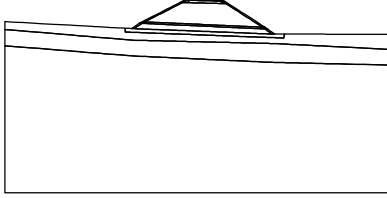
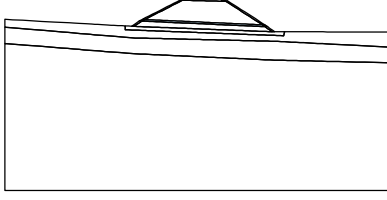
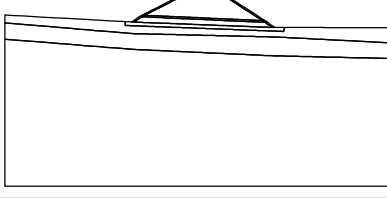
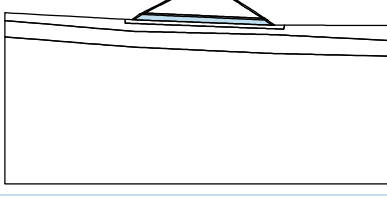
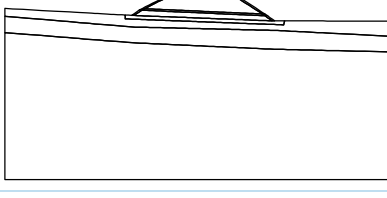
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 5 - Lagerweise Schüttung des HWS-Damms (2/2))

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Inaktiv	
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston
18		Aktiv	Fels, verwittert

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 18,00	l = 6,50		0,00	10,00		kN/m ²

	GEO5 Software GmbH	Hochwasserschutz Glehn - Damm Lauberggraben
	Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Setzungsberechnung FEM (Endzustand)

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 5 - Lagenweise Schüttung des HWS-Damms (2/2))

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

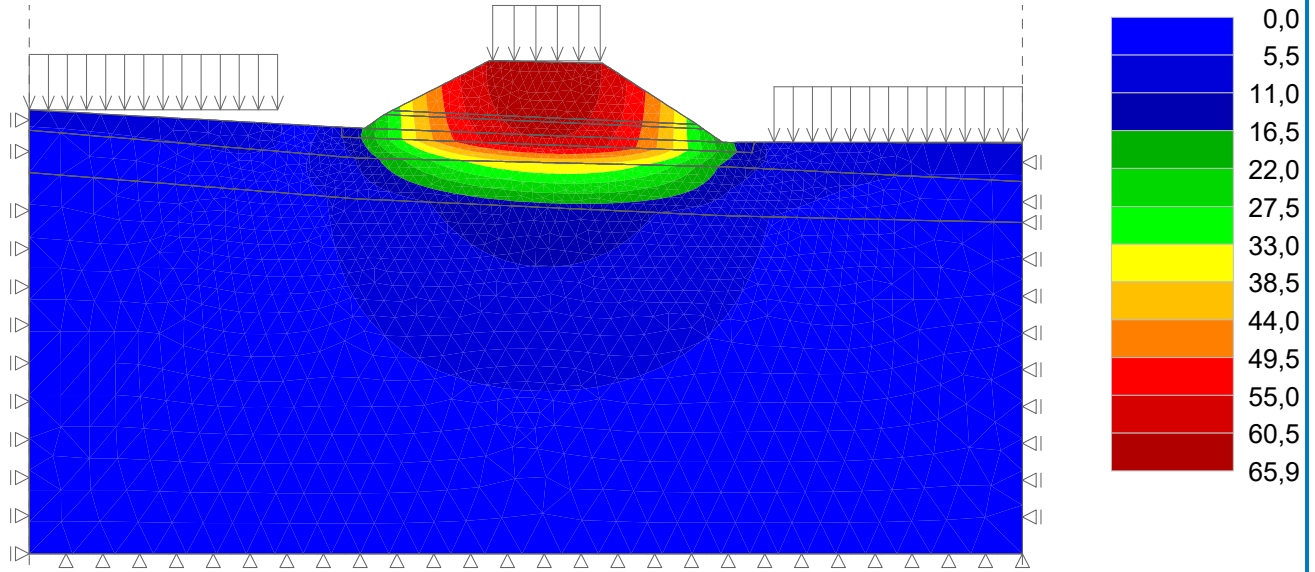
Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Lagenweise Schüttung des HWS-Damms (2/2)

Phase : 5

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Verschiebung |d|; Bereich : <0,0; 65,9> mm



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-10,8	12,72	277,39	7,1
Verformung z [mm]	12,72	277,39	0,0	21,36	281,89	65,9

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,00	15,46	252,77	612,23
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,00	15,46	252,77	612,23
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,79	15,46	252,77	204,04
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,79	15,46	252,77	204,04
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	26,59	281,13	-23,39	16,29	281,78	18,26
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,75	15,46	252,77	340,12
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,75	15,46	252,77	340,12
Vergleichsspannung J [kPa]	5,23	278,74	1,12	15,46	252,77	235,66
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,86	15,46	252,77	204,04
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,86	15,46	252,77	204,04
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,32	15,46	252,77	612,24
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,32	15,46	252,77	612,24
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-5,25	15,46	252,77	204,07
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-5,25	15,46	252,77	204,07

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	10,62	278,72	0,02	20,91	276,74	2,60
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	11,91	279,54	0,00	8,35	278,57	0,17
Dehnung ϵ_x [%]	20,77	277,49	-0,14	34,53	276,85	0,19
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,05	20,91	276,74	2,19
Schubverformung γ_{xz} [%]	30,34	276,66	-0,80	12,43	277,00	0,65
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	34,45	277,63	0,01
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,02	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	32,62	277,04	-0,05	8,35	278,57	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	10,62	278,72	-0,01	20,91	276,74	2,05
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	8,35	278,57	0,00	35,04	277,63	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	20,77	277,49	-0,15	34,21	277,15	0,27
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,05	20,91	276,74	2,19
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	11,91	279,54	0,00	11,91	279,54	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

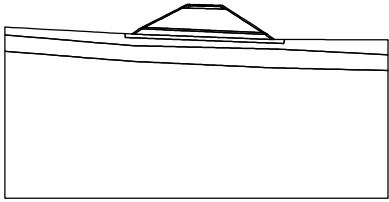
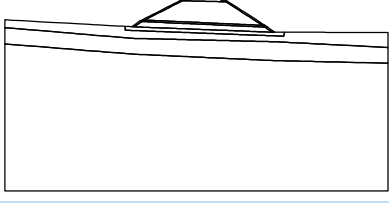
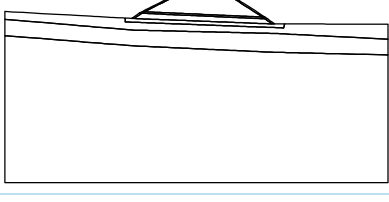
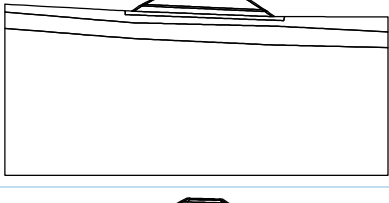
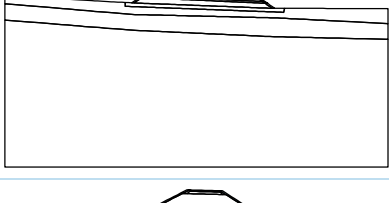
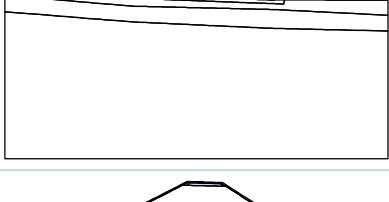
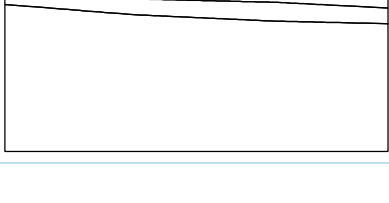
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,91	279,54	4,56	-10,00	279,58	100,00

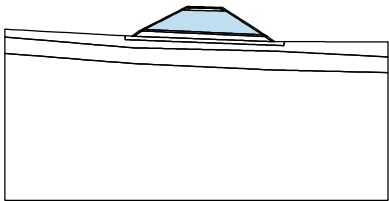
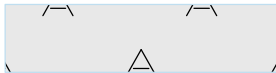
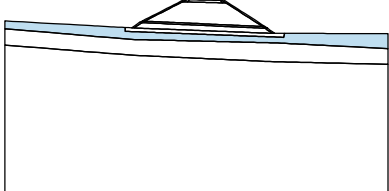
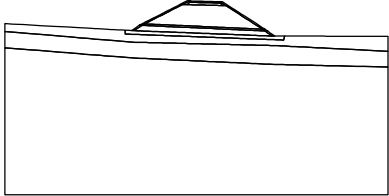
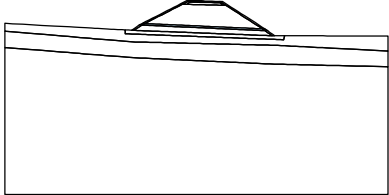
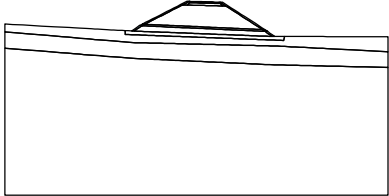
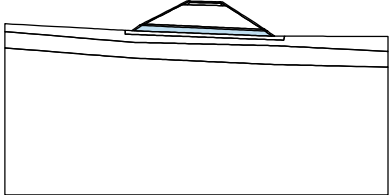
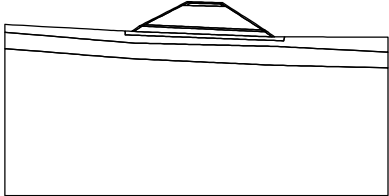
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

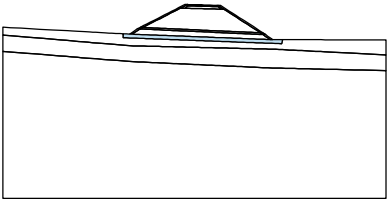
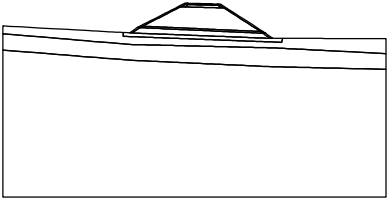
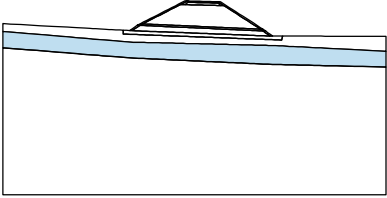
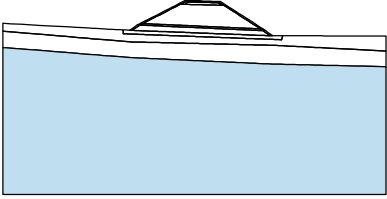
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	11,91	279,54	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 6 - Ungebundenen Oberbau herstellen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Inaktiv	
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,00	l = 4,75		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 6 - Ungebundenen Oberbau herstellen)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

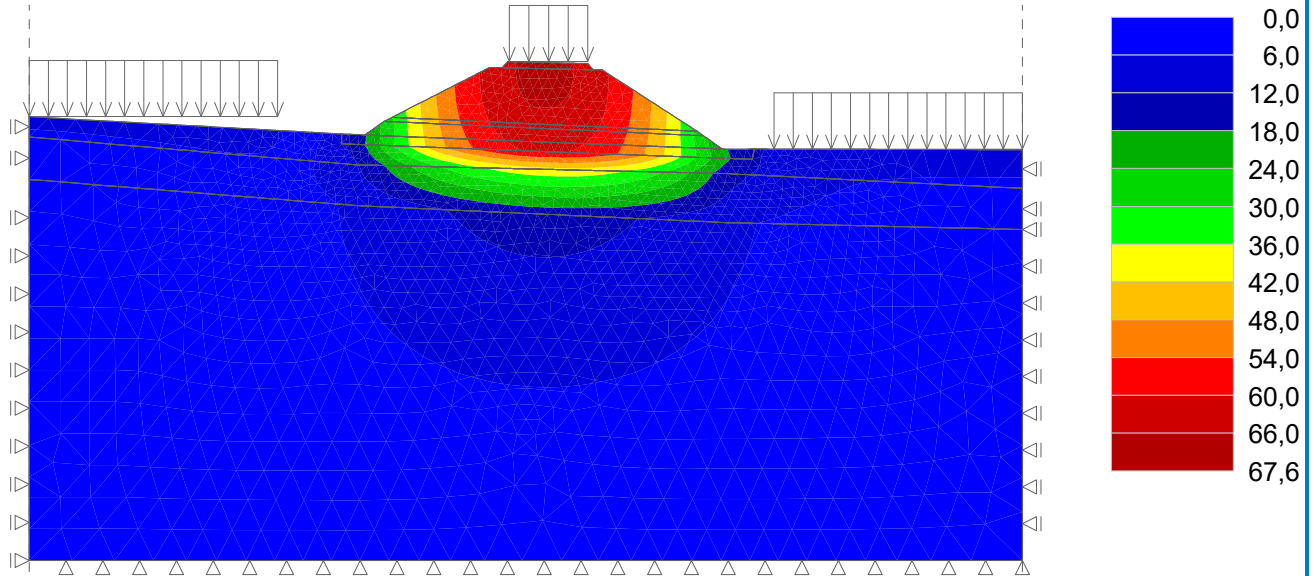
Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Ungebundenen Oberbau herstellen

Phase : 6

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Verschiebung |d|; Bereich : <0,0; 67,6> mm



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-11,1	12,72	277,39	7,3
Verformung z [mm]	12,72	277,39	0,0	21,18	282,48	67,6

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,06	15,46	252,77	612,78
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,06	15,46	252,77	612,78
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,16	15,46	252,77	204,23
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,16	15,46	252,77	204,23
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	26,59	281,13	-23,99	16,29	281,78	18,62
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,49	15,46	252,77	340,42
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,49	15,46	252,77	340,42
Vergleichsspannung J [kPa]	5,23	278,74	1,14	15,46	252,77	235,87
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,23	15,46	252,77	204,22
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-20,23	15,46	252,77	204,22
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,38	15,46	252,77	612,78
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,38	15,46	252,77	612,78
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-5,09	15,46	252,77	204,25
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-5,09	15,46	252,77	204,25

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	18,90	282,91	0,01	20,91	276,74	2,65
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	19,52	282,52	0,00	8,35	278,57	0,17
Dehnung ϵ_x [%]	20,77	277,49	-0,16	34,53	276,85	0,19
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,06	20,91	276,74	2,22
Schubverformung γ_{xz} [%]	30,34	276,66	-0,81	12,43	277,00	0,66
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	34,45	277,63	0,02
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,02	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	32,62	277,04	-0,07	8,35	278,57	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	10,62	278,72	-0,01	20,91	276,74	2,08
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	8,35	278,57	0,00	35,04	277,63	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	20,77	277,49	-0,16	34,21	277,15	0,27
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,06	20,91	276,74	2,22
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	18,58	282,54	0,00	18,58	282,54	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

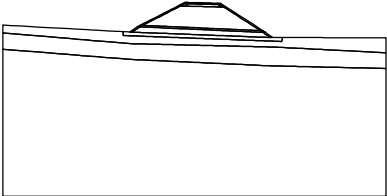
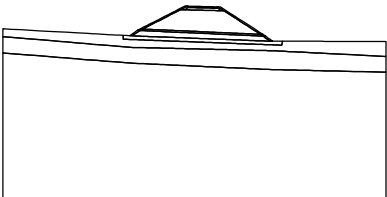
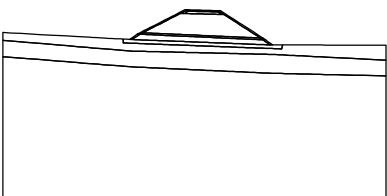
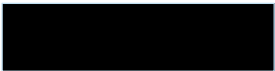
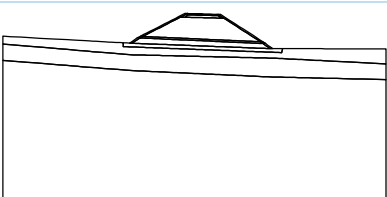
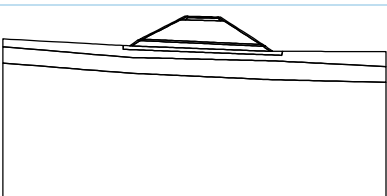
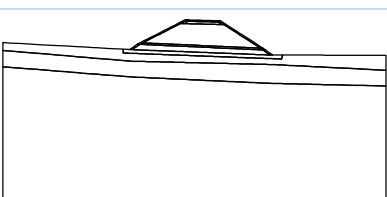
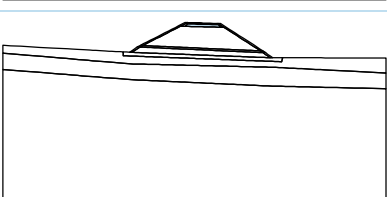
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,91	279,54	4,30	-10,00	279,58	100,00

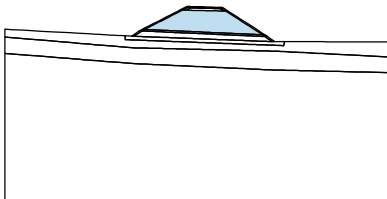
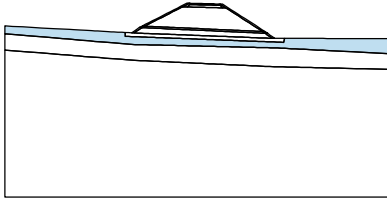
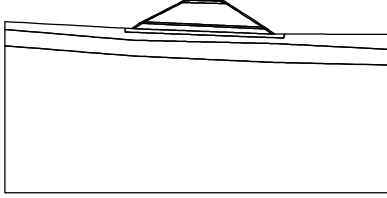
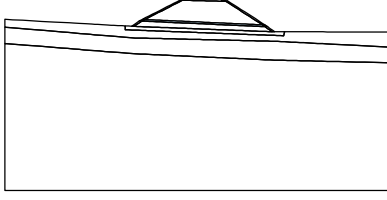
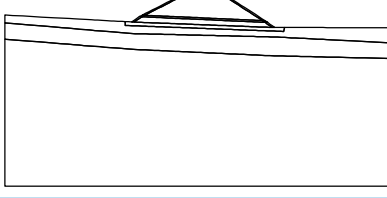
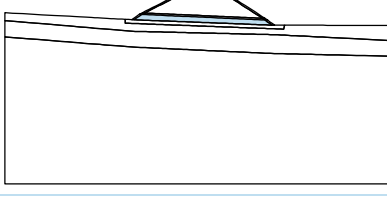
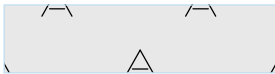
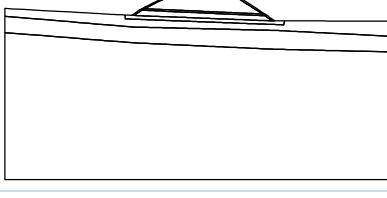
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

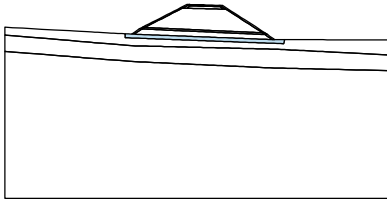
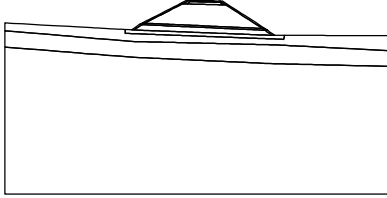
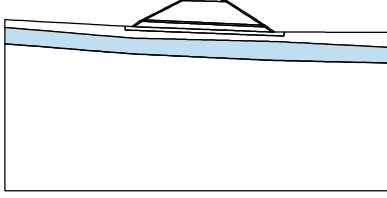
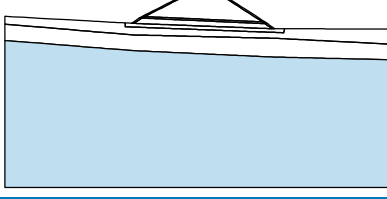
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	18,58	282,54	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 7 - Asphaltschichten herstellen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Aktiv	Asphalt
			
4		Aktiv	HGT
			
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Aktiv	Frostschutzschicht
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Inaktiv	
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,20	l = 4,25		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 7 - Asphaltsschichten herstellen)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

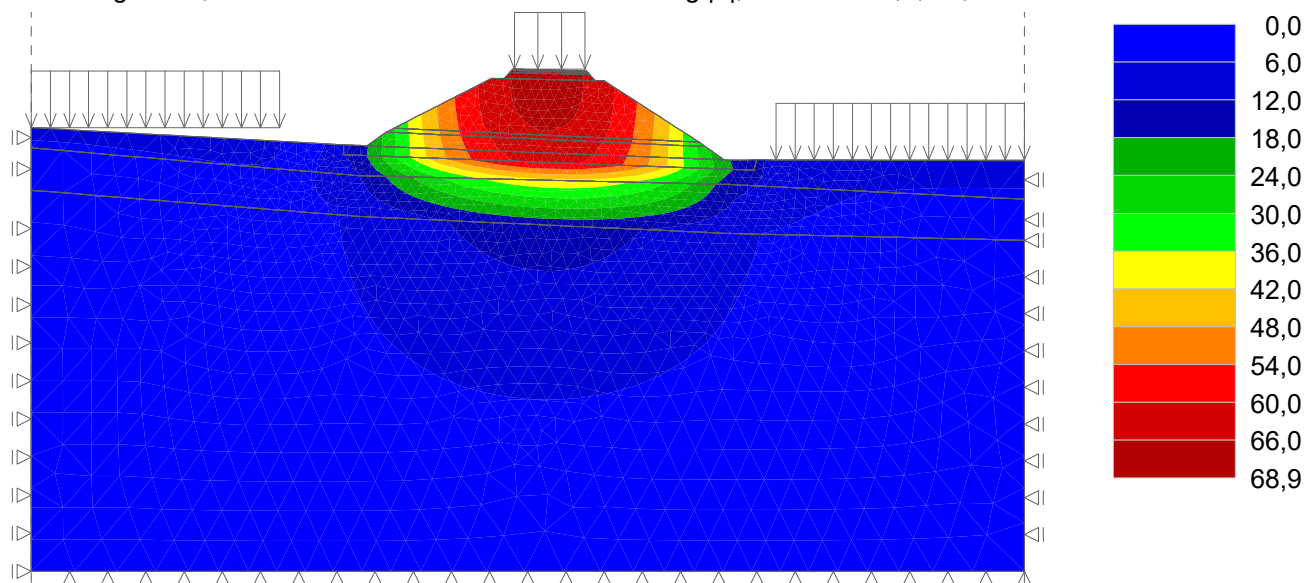
Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Asphaltschichten herstellen

Phase : 7

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Verschiebung |d|; Bereich : <0,0; 68,9> mm



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-11,3	12,72	277,39	7,5
Verformung z [mm]	12,72	277,39	0,0	21,18	282,48	68,9

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,10	15,46	252,77	613,25
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,10	15,46	252,77	613,25
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,65	15,46	252,77	204,38
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,65	15,46	252,77	204,38
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	26,59	281,13	-24,54	16,29	281,78	19,19
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,27	15,46	252,77	340,68
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,27	15,46	252,77	340,68
Vergleichsspannung J [kPa]	19,12	283,12	0,76	15,46	252,77	236,05
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,72	15,46	252,77	204,38
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,72	15,46	252,77	204,38
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,41	15,46	252,77	613,25
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,41	15,46	252,77	613,25
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-4,96	15,46	252,77	204,41
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-4,96	15,46	252,77	204,41

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	19,12	283,12	0,00	20,91	276,74	2,69
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	23,62	282,91	0,00	8,35	278,57	0,17
Dehnung ϵ_x [%]	20,77	277,49	-0,16	34,53	276,85	0,20
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,06	20,91	276,74	2,25
Schubverformung γ_{xz} [%]	30,34	276,66	-0,82	12,43	277,00	0,67
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	34,45	277,63	0,02
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,02	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	32,62	277,04	-0,08	8,35	278,57	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	10,62	278,72	-0,01	20,91	276,74	2,10
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	34,45	277,63	0,00	8,35	278,57	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	20,77	277,49	-0,16	34,21	277,15	0,28
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,06	20,91	276,74	2,25
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	23,62	282,91	0,00	23,62	282,91	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

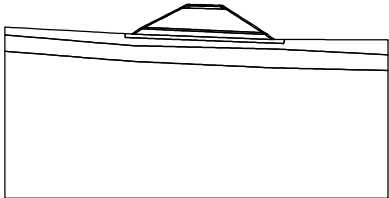
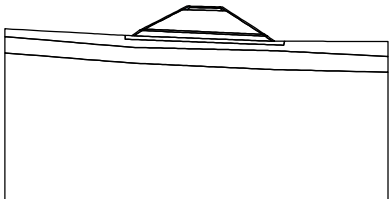
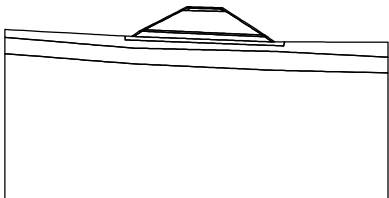
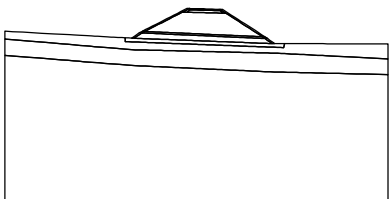
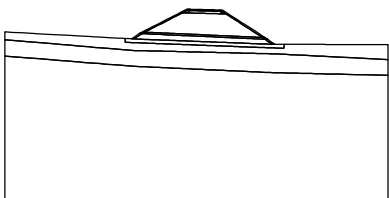
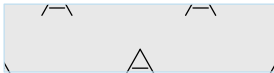
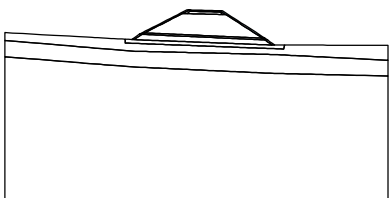
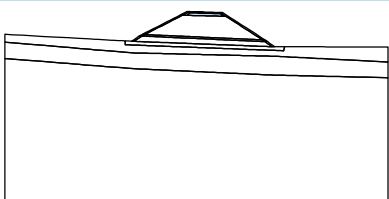
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	19,12	283,12	1,41	-10,00	279,58	100,00

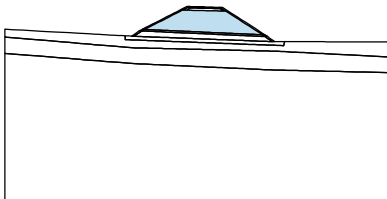
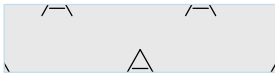
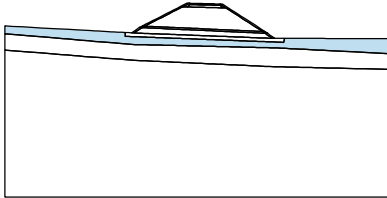
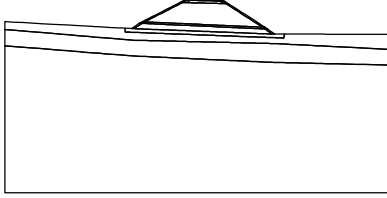
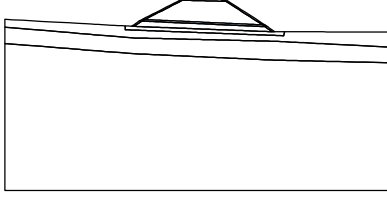
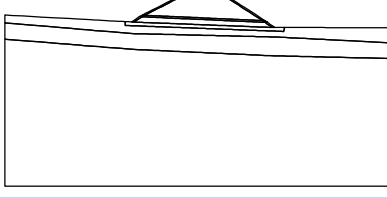
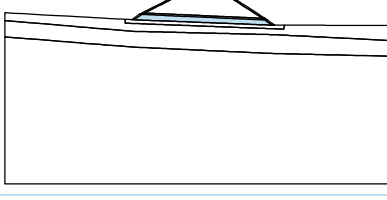
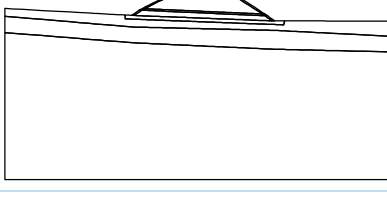
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

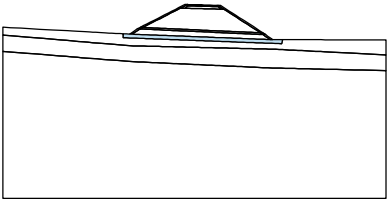
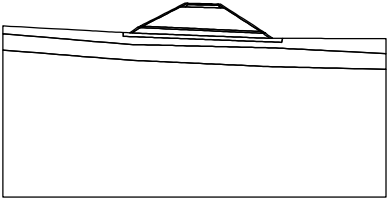
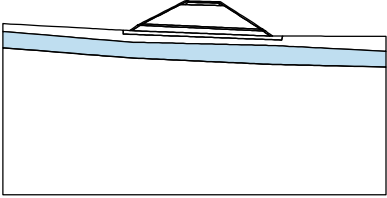
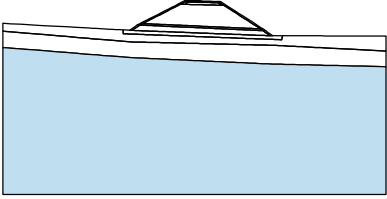
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	23,62	282,91	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 8 - Bankette herstellen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Inaktiv	
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Inaktiv	
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 19,20	l = 4,25		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 8 - Bankette herstellen)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

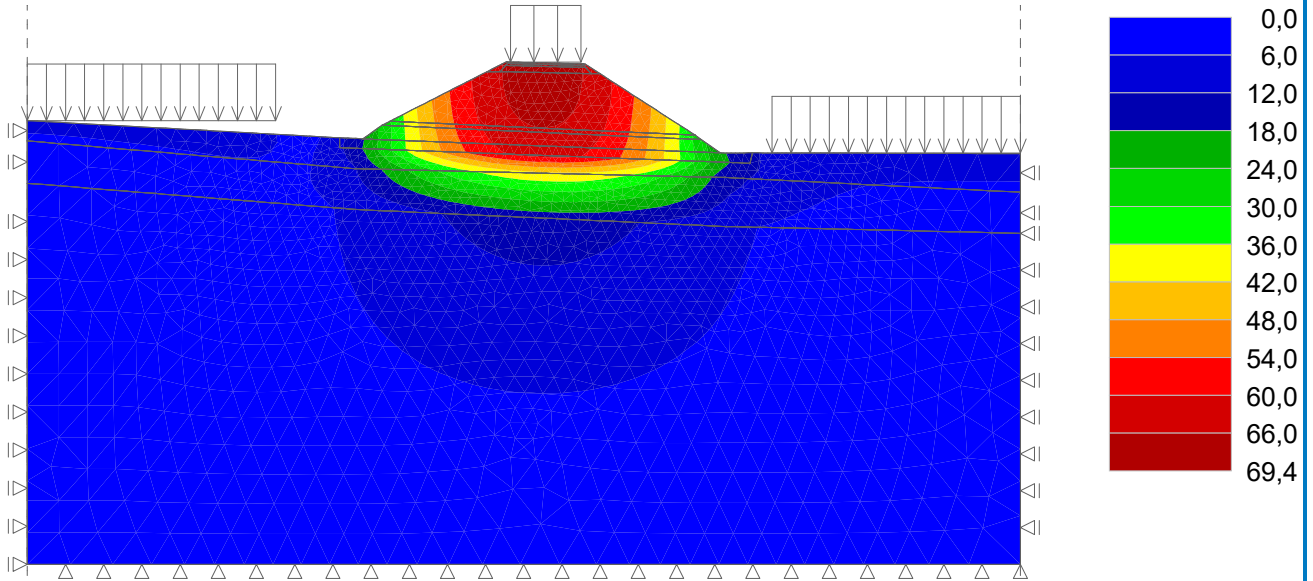
Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Bankette herstellen

Phase : 8

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Verschiebung |d|; Bereich : <0,0; 69,4> mm



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-11,4	12,72	277,39	7,6
Verformung z [mm]	12,72	277,39	0,0	21,18	282,48	69,3

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,11	15,46	252,77	613,50
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,11	15,46	252,77	613,50
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,46	15,46	252,77	204,46
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,46	15,46	252,77	204,46
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	26,59	281,13	-24,82	16,29	281,78	19,58
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,20	15,46	252,77	340,82
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-8,20	15,46	252,77	340,82
Vergleichsspannung J [kPa]	23,70	283,00	0,21	17,51	252,77	236,15
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,54	15,46	252,77	204,46
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-19,54	15,46	252,77	204,46
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,42	15,46	252,77	613,50
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,42	15,46	252,77	613,50
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	9,86	278,50	-4,92	15,46	252,77	204,49
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	9,86	278,50	-4,92	15,46	252,77	204,49

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	23,70	283,00	0,00	20,91	276,74	2,70
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	17,78	282,54	0,00	8,35	278,57	0,17
Dehnung ϵ_x [%]	20,77	277,49	-0,17	34,53	276,85	0,20
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,06	20,91	276,74	2,26
Schubverformung γ_{xz} [%]	30,34	276,66	-0,83	12,43	277,00	0,68
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	34,45	277,63	0,02
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,02	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	32,62	277,04	-0,09	8,35	278,57	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	10,62	278,72	-0,01	20,91	276,74	2,11
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	8,35	278,57	0,00	8,87	277,94	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	20,77	277,49	-0,17	34,21	277,15	0,28
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,06	20,91	276,74	2,26
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	17,78	282,54	0,00	17,78	282,54	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

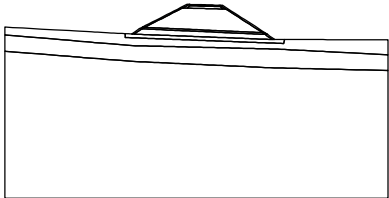
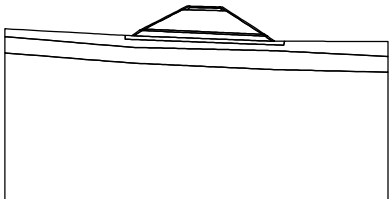
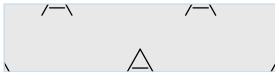
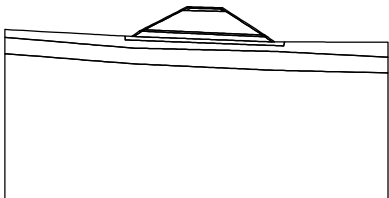
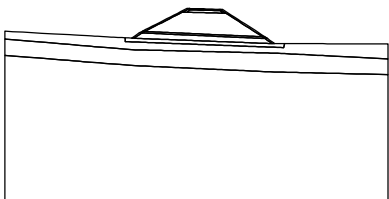
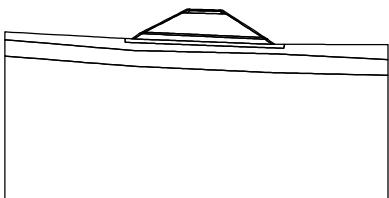
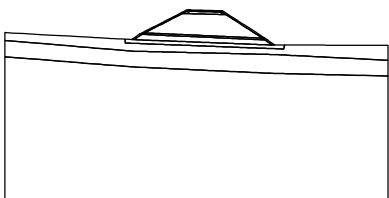
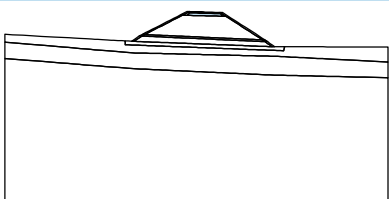
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	23,70	283,00	0,62	-10,00	279,58	100,00

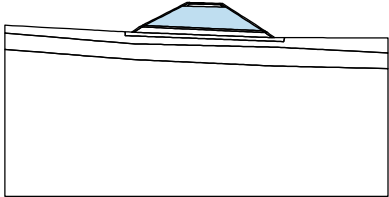
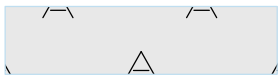
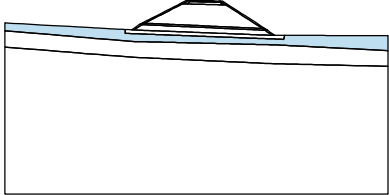
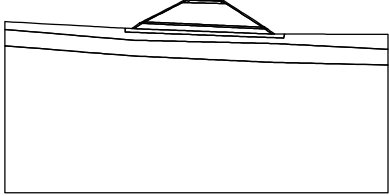
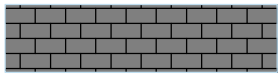
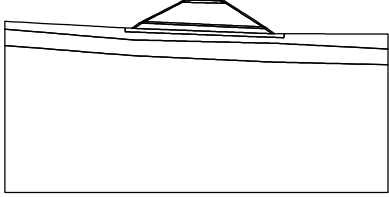
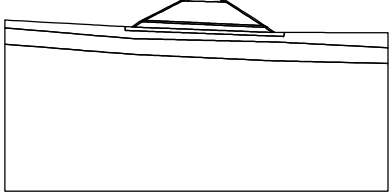
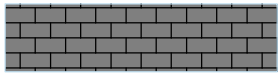
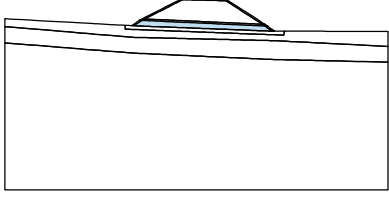
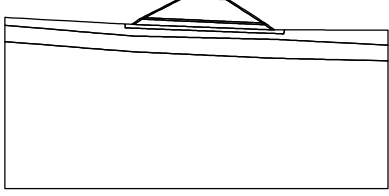
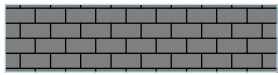
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

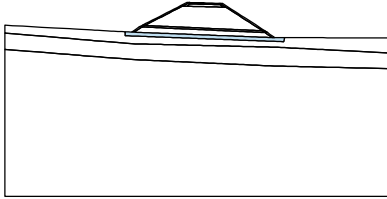
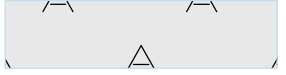
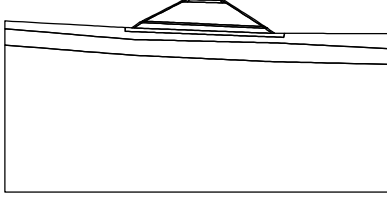
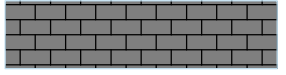
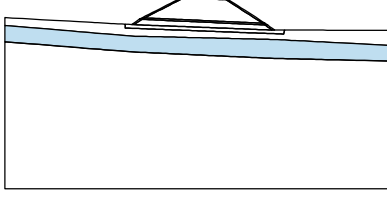
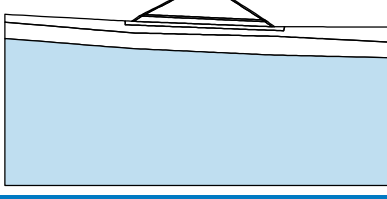
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	17,78	282,54	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 9 - Steinstückung in Beton auf Böschungen aufbringen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Steinstückung in Beton 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Steinstückung in Beton 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Steinstückung in Beton
			
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Aktiv	Steinstückung in Beton
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Steinstückung in Beton
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Aktiv	Steinstückung in Beton 
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung	Größe		
	neu	Änderung							q, q_1, f, F	q_2	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	$x = -10,00$	$l = 15,00$		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	$x = 35,00$	$l = 15,00$		0,00	10,00		kN/m ²
3	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	$x = 19,20$	$l = 4,25$		0,00	10,00		kN/m ²

	GEO5 Software GmbH Marco Pulci, M.Sc. (TUM)	Hochwasserschutz Glehn - Damm Lauberggraben Setzungsberechnung FEM (Endzustand)
---	--	--

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 9 - Steinstückung in Beton auf Böschungen aufbringen)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

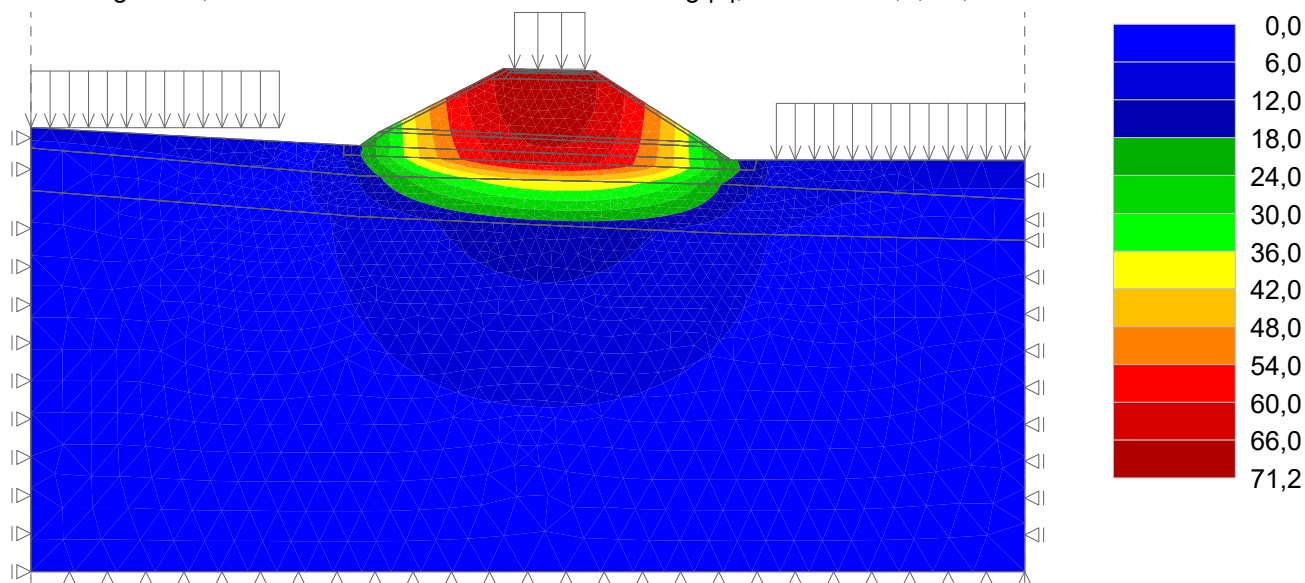
Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Steinstückung in Beton auf Böschungen aufbringen

Phase : 9

Ergebnisse : gesamt; Größe : Resultierende der Verschiebung |d|; Bereich : <0,0; 71,2> mm



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-11,6	12,19	277,41	7,6
Verformung z [mm]	12,19	277,41	0,0	21,18	282,48	71,2

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	24,99	282,41	-2,48	17,51	252,77	615,66
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	24,99	282,41	-2,48	17,51	252,77	615,66
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	21,32	283,06	-18,27	17,51	252,77	205,17
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	21,32	283,06	-18,27	17,51	252,77	205,17
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	26,44	280,52	-20,05	12,57	272,69	16,55
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	19,12	283,12	-4,90	17,51	252,77	342,01
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	19,12	283,12	-4,90	17,51	252,77	342,01
Vergleichsspannung J [kPa]	14,82	281,25	0,31	17,51	252,77	236,99
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	21,32	283,06	-18,28	17,51	252,77	205,16
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	21,32	283,06	-18,28	17,51	252,77	205,16
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-3,19	17,51	252,77	615,66
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-3,19	17,51	252,77	615,66
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	19,12	283,12	-2,68	17,51	252,77	205,21
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	19,12	283,12	-2,68	17,51	252,77	205,21

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	14,82	281,25	0,00	20,91	276,74	2,72
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	11,50	279,55	0,00	8,35	278,57	0,17
Dehnung ϵ_x [%]	20,77	277,49	-0,16	34,53	276,85	0,21
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,07	20,91	276,74	2,28
Schubverformung γ_{xz} [%]	30,34	276,66	-0,84	11,87	277,01	0,68
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	34,45	277,63	0,02
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,03	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	33,17	277,02	-0,15	8,35	278,57	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	19,12	283,12	-0,01	20,91	276,74	2,13
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	8,35	278,57	0,00	35,04	277,63	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	20,77	277,49	-0,16	34,21	277,15	0,29
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,07	20,91	276,74	2,28
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	11,50	279,55	0,00	11,50	279,55	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

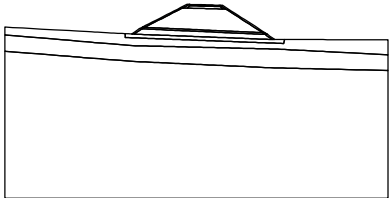
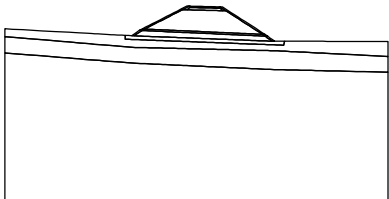
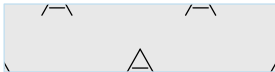
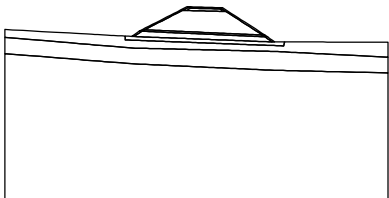
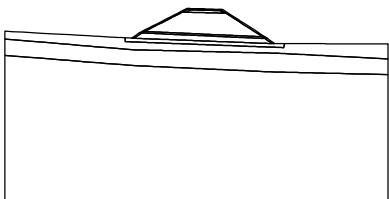
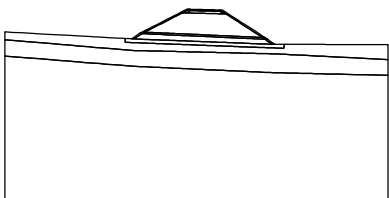
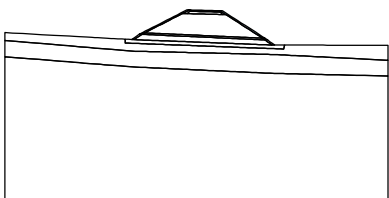
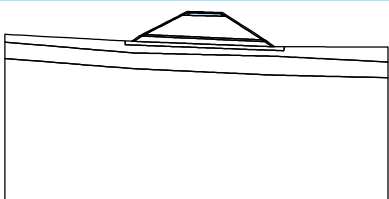
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	24,10	282,99	0,14	-10,00	279,58	100,00

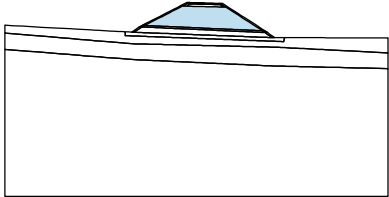
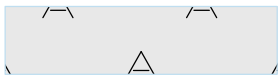
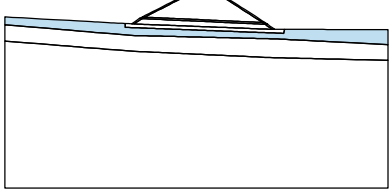
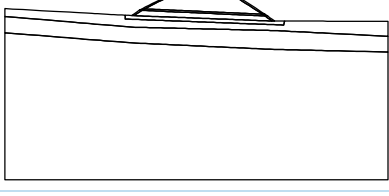
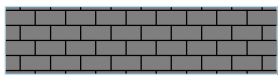
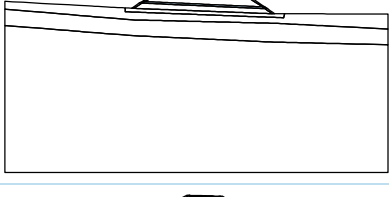
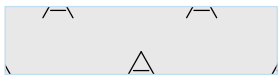
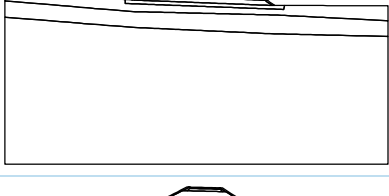
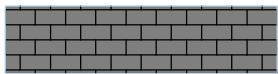
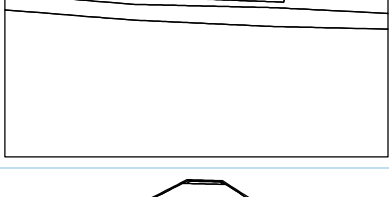
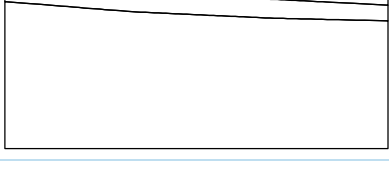
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

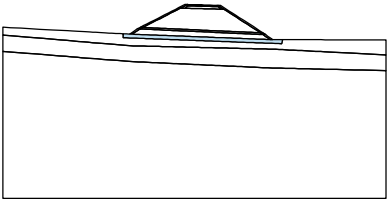
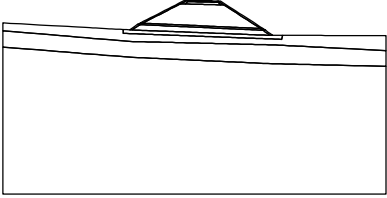
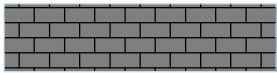
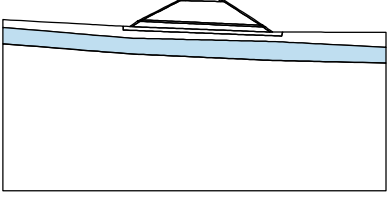
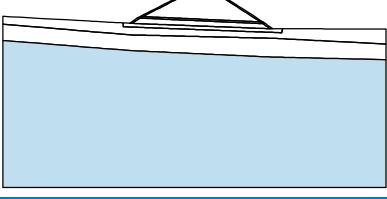
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	11,50	279,55	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 10 - Endzustand mit Belastung SLW 60)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Steinstückung in Beton 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Steinstückung in Beton 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Steinstückung in Beton
			
11		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
12		Aktiv	Steinstückung in Beton
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Steinstückung in Beton
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
16		Aktiv	Steinstückung in Beton 
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Liniestütze

Nr.	Liniestütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Liniestützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichene Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

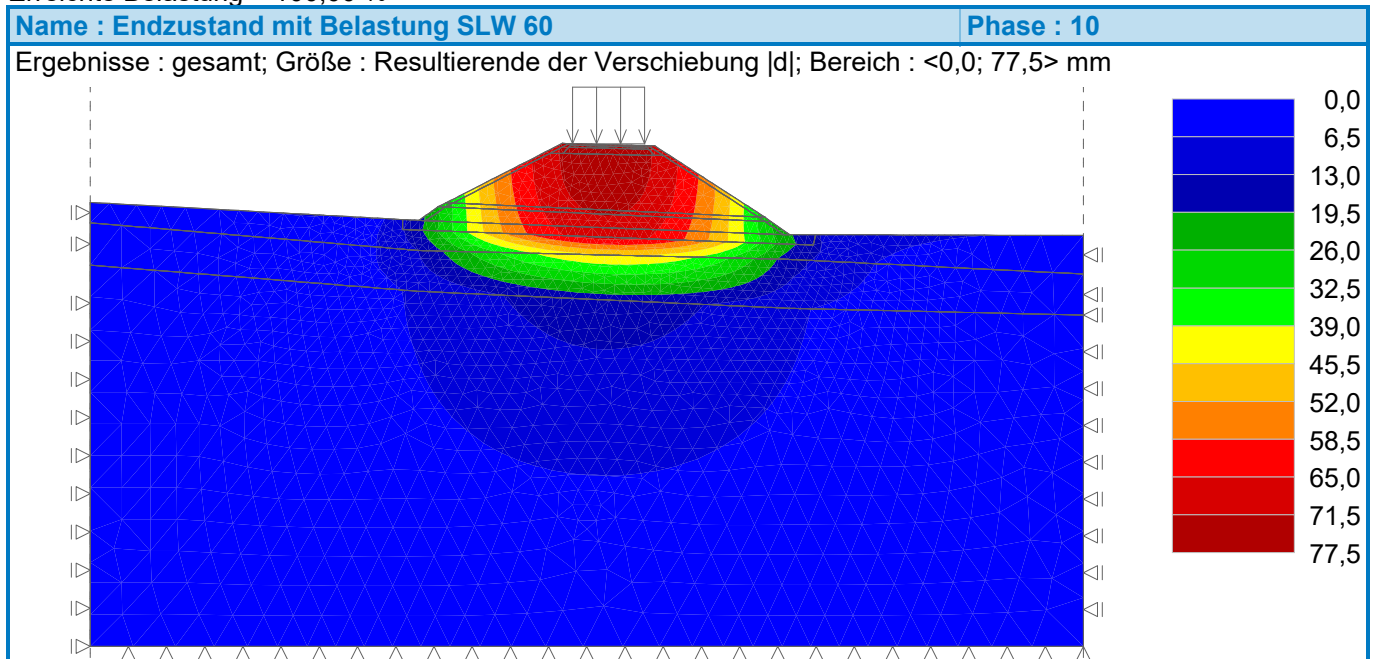
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 10 - Endzustand mit Belastung SLW 60)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : Standard

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-12,9	12,72	277,39	8,7
Verformung z [mm]	12,72	277,39	0,0	21,18	282,48	77,5

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,33	17,51	252,77	615,99
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-2,33	17,51	252,77	615,99
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	20,98	278,05	-21,27	17,51	252,77	205,26
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	20,98	278,05	-21,27	17,51	252,77	205,26
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	26,44	280,52	-23,10	16,36	281,30	19,07
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	24,10	282,99	-3,19	17,51	252,77	342,19
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	24,10	282,99	-3,19	17,51	252,77	342,19
Vergleichsspannung J [kPa]	-1,04	279,09	0,13	17,51	252,77	237,12
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	20,98	278,05	-21,33	17,51	252,77	205,26
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	20,98	278,05	-21,33	17,51	252,77	205,26
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-3,24	17,51	252,77	616,00
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-3,24	17,51	252,77	616,00
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	24,10	282,99	-1,59	17,51	252,77	205,31
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	24,10	282,99	-1,59	17,51	252,77	205,31

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	18,53	283,15	0,00	20,91	276,74	2,87
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	11,50	279,55	0,00	33,17	277,02	0,31
Dehnung ϵ_x [%]	20,77	277,49	-0,20	34,21	277,15	0,25
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,13	20,91	276,74	2,39
Schubverformung γ_{xz} [%]	30,85	276,64	-0,91	12,43	277,00	0,75
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	-0,08	34,45	277,63	0,07
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	34,45	277,63	-0,07	8,35	278,57	0,08
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	33,17	277,02	-0,31	8,87	278,54	0,02
Volumendehnung ϵ_v [%]	24,10	282,99	0,00	20,91	276,74	2,21
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	34,45	277,63	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	20,77	277,49	-0,20	34,21	277,15	0,33

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,13	20,91	276,74	2,39
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	11,50	279,55	0,00	11,50	279,55	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	24,10	282,99	0,06	20,77	277,49	100,00

Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	11,50	279,55	0,00

Berechnung mithilfe der Finite-Elemente-Methode

Topologie

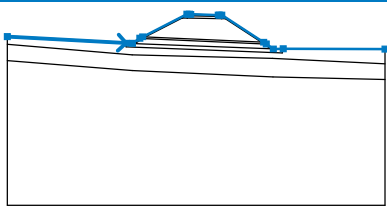
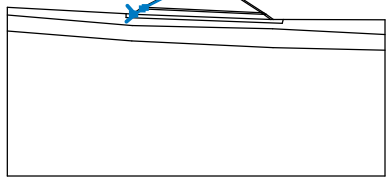
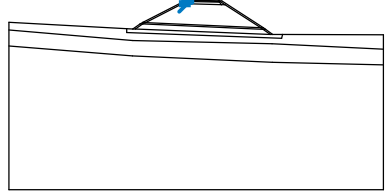
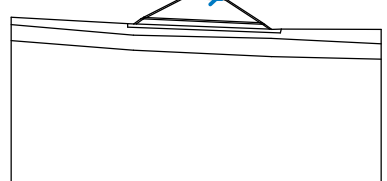
Projekt

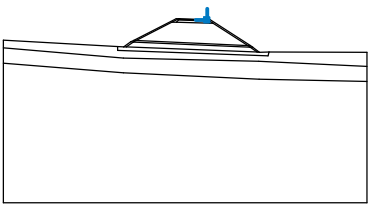
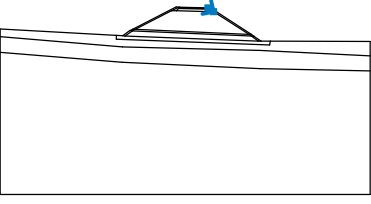
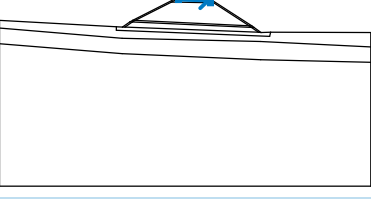
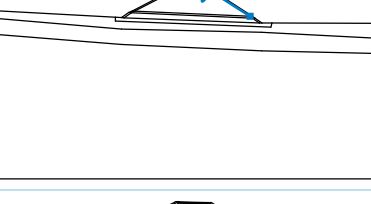
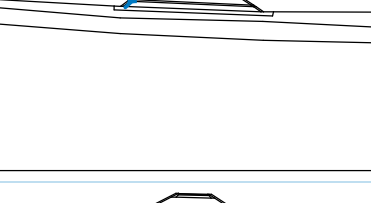
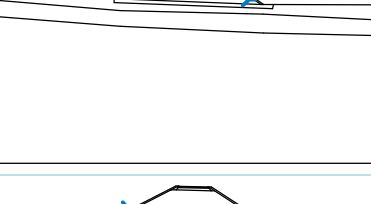
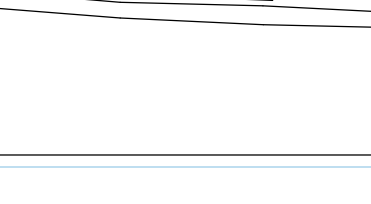
Projekt : Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben
Teil : Setzungsberechnung FEM (Endzustand mit Durchlass)
Beschreibung : Ersatzneubau eines Damms mit Durchlass und Sicherung der Böschungen
Kunde : ABAG GmbH - Marcus Volker
Verfasst von : Marco Pulci, M.Sc. (TUM)
Datum : 30.04.2024
Auftragsnummer : 080923

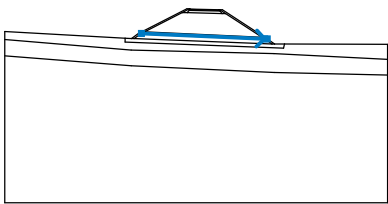
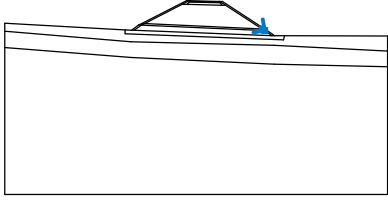
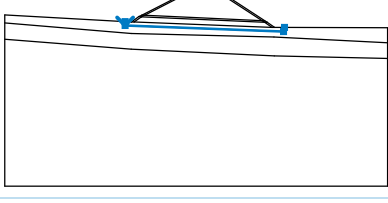
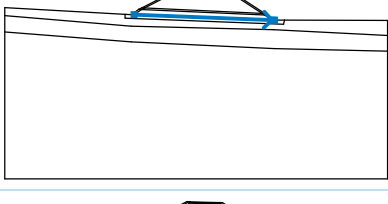
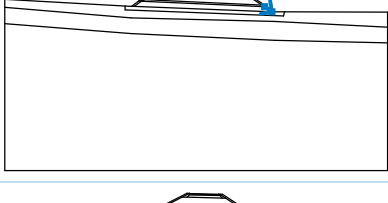
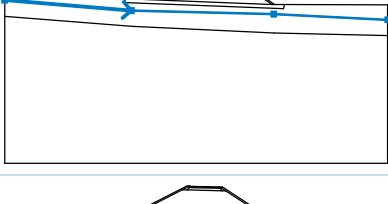
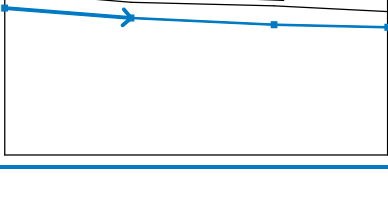
Gesamteinstellung der Berechnung

Aufgabengeometrie : Eben
Berechnungstyp : Spannungszustand
Tunnel : nein
Wasser mithilfe der Berechnung der stationären Strömung eingeben : nein
Dynamische Berechnung von Erdbeben : nein
Betonbauten : EN 1992-1-1 (EC2)
Berechnung des Primärspannungszustandes (1. Phase) : Geostatischer Spannungszustand
Detailparameter der Netzerzeugung : nein
Detailbodenparameter : nein
Erweiterte Bodenmodelle : nein
Detaillierte Ergebnisse : ja

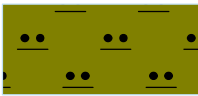
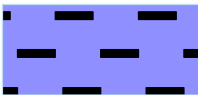
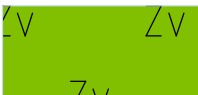
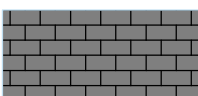
Schnittstelle

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	279,58	8,87	278,54	9,86	278,50
		11,03	279,32	11,50	279,55	18,53	283,15
		18,94	283,13	19,12	283,12	23,52	283,01
		23,70	283,00	24,10	282,99	30,75	278,69
		31,13	278,42	32,27	277,62	33,82	277,63
		50,00	277,58				
2		9,86	278,50	10,27	278,47	11,44	279,30
		11,91	279,54	17,78	282,54	18,94	283,13
3		17,78	282,54	18,58	282,54	18,90	282,91
		19,02	283,03	19,12	283,12		
4		19,02	283,03	23,62	282,91	23,74	282,79

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
5		23,52	283,01	23,62	282,91		
6		23,70	283,00	24,61	282,41		
7		18,90	282,91	23,74	282,79	24,07	282,41
8		18,58	282,54	24,07	282,41	24,61	282,41
		30,35	278,70				
9		11,50	279,55	11,91	279,54		
10		11,91	279,54	30,35	278,70	30,75	278,69
11		11,03	279,32	11,44	279,30		

Nr.	Schnittstellenpositionierung	Koordinaten der Schnittstellenpunkte [m]					
		x	z	x	z	x	z
12		11,44	279,30	30,73	278,43	31,13	278,42
13		30,35	278,70	30,73	278,43		
14		8,87	278,54	8,87	277,94	33,67	277,00
		33,82	277,63				
15		10,27	278,47	31,87	277,63	32,27	277,62
16		30,73	278,43	31,87	277,63		
17		-10,00	278,35	9,83	276,67	32,16	276,14
		50,00	275,25				
18		-10,00	275,79	9,80	274,21	32,21	273,18
		50,00	272,77				

Bodenparameter - Grunddaten

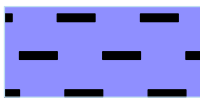
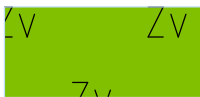
Nr.	Name	Probe	Y [kN/m³]	E [MPa]	v [-]
1	Tallehm		19,00	3,71	0,30
2	Verwitterungston		21,00	7,43	0,30
3	Fels, verwittert		23,00	83,33	0,25
4	Asphalt		25,00	270,00	0,20
5	HGT		22,00	270,00	0,20
6	Frostschuttschicht		20,00	50,00	0,25
7	Steinstückung in Beton		20,00	270,00	0,20
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00	33,33	0,25

Bodenparameter - Daten nach Modell

Nr.	Materialmodell	C _{ef} [kPa]	Φ _{ef} [°]	Ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	2,50	25,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	15,00	25,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	1,00	37,50	0,00
4	Mohr - Coulomb	250,00	35,00	0,00
5	Mohr - Coulomb	150,00	40,00	0,00
6	Mohr - Coulomb	1,00	35,00	0,00
7	Mohr - Coulomb	300,00	35,00	0,00
8	Mohr - Coulomb	60,00	30,00	0,00

Bodenparameter - Auftrieb

Nr.	Name	Probe	Y _{sat} [kN/m³]	Y _s [kN/m³]	n [-]
1	Tallehm		19,00		

Nr.	Name	Probe	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
2	Verwitterungston		21,00		
3	Fels, verwittert		23,00		
4	Asphalt		25,00		
5	HGT		24,00		
6	Frostschuttschicht		22,00		
7	Steinstückung in Beton		22,00		
8	Dammschüttung (verbessert)		19,00		

Bodenparameter

Tallehm

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonzahl : $\nu = 0,30$
Elastizitätsmodul : $E = 3,71 \text{ MPa}$
Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 11,10 \text{ MPa}$
Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 2,50 \text{ kPa}$
Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Verwitterungston

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Poissonzahl : $\nu = 0,30$
Elastizitätsmodul : $E = 7,43 \text{ MPa}$
Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 22,30 \text{ MPa}$
Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Fels, verwittert

Materialmodell : Mohr - Coulomb
Wichte : $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 83,33 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 250,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 37,50^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Asphalt

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 250,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

HGT

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 40,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Frostschuttschicht

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 50,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 150,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

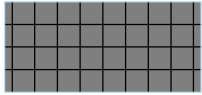
Steinstückung in Beton

Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,20$
 Elastizitätsmodul : $E = 270,00 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 810,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\phi_{ef} = 35,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 300,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

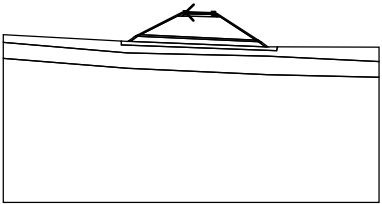
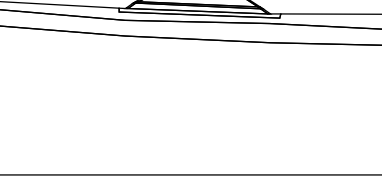
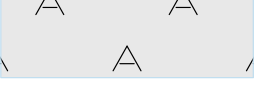
Dammschüttung (verbessert)

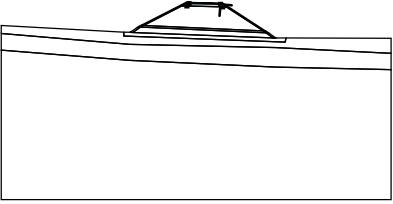
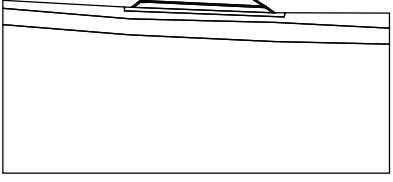
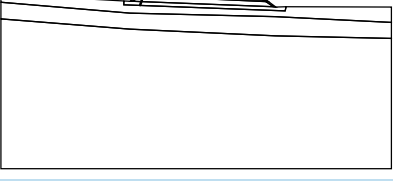
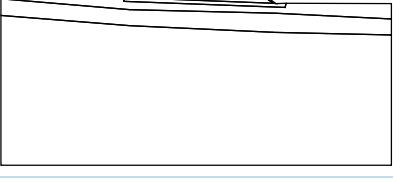
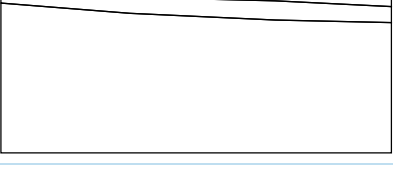
Materialmodell : Mohr - Coulomb
 Wichte : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Poissonzahl : $\nu = 0,25$
 Elastizitätsmodul : $E = 33,33 \text{ MPa}$
 Modul der Entlastung/Auflast : $E_{ur} = 100,00 \text{ MPa}$
 Winkel der inneren Reibung : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Kohäsion des Gesteins : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Dilatationswinkel : $\psi = 0,00^\circ$
 Wichte des wassergesättigten Bodens : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

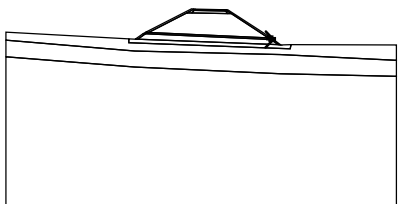
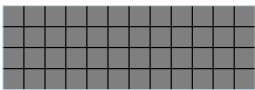
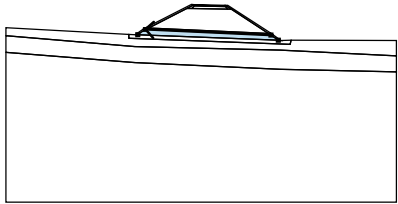
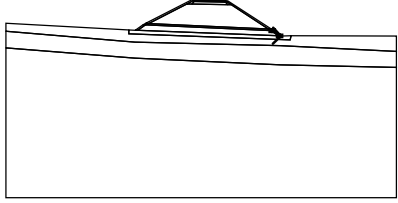
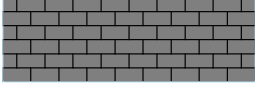
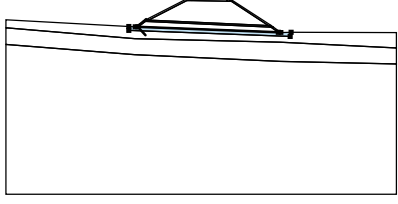
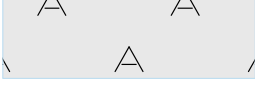
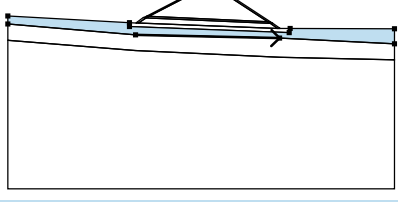
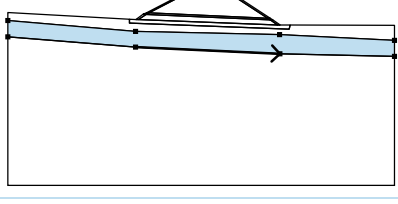
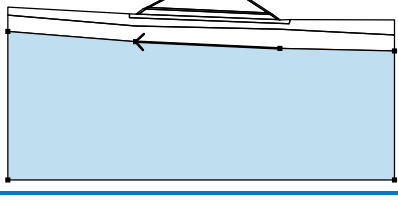
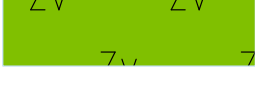
Starre Körper

Nr.	Name	Probe	γ [kN/m ³]
1	Durchlass 1 x 1 m		25,00

Zuordnungen und Flächen

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
1		23,52	283,01	19,12	283,12	Asphalt 
		19,02	283,03	23,62	282,91	
2		23,74	282,79	23,62	282,91	HGT 
		19,02	283,03	18,90	282,91	
3		18,58	282,54	18,90	282,91	Dammschüttung (verbessert) 
		19,02	283,03	19,12	283,12	
		18,94	283,13	17,78	282,54	
4		24,61	282,41	23,70	283,00	Dammschüttung (verbessert) 
		23,52	283,01	23,62	282,91	
		23,74	282,79	24,07	282,41	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
5		24,07	282,41	23,74	282,79	Frostschuttschicht
		18,90	282,91	18,58	282,54	
6		11,91	279,54	17,78	282,54	Steinstückung in Beton
		18,94	283,13	18,53	283,15	
		11,50	279,55			
7		11,44	279,30	11,91	279,54	Durchlass 1 x 1 m
		11,50	279,55	11,03	279,32	
8		30,35	278,70	24,61	282,41	Dammschüttung (verbessert)
		24,07	282,41	18,58	282,54	
		17,78	282,54	11,91	279,54	
9		30,75	278,69	24,10	282,99	Steinstückung in Beton
		23,70	283,00	24,61	282,41	
		30,35	278,70			
10		11,03	279,32	9,86	278,50	Steinstückung in Beton
		10,27	278,47	11,44	279,30	
11		30,35	278,70	11,91	279,54	Dammschüttung (verbessert)
		11,44	279,30	30,73	278,43	

Nr.	Flächenpositionierung	Koordinaten der Flächenpunkte [m]				Zugeordneter Boden
		x	z	x	z	
12		30,73	278,43	31,13	278,42	Durchlass 1 x 1 m 
		30,75	278,69	30,35	278,70	
13		30,73	278,43	11,44	279,30	Dammschüttung (verbessert) 
		10,27	278,47	31,87	277,63	
14		31,87	277,63	32,27	277,62	Steinstückung in Beton 
		31,13	278,42	30,73	278,43	
15		31,87	277,63	10,27	278,47	Dammschüttung (verbessert) 
		9,86	278,50	8,87	278,54	
		8,87	277,94	33,67	277,00	
		33,82	277,63	32,27	277,62	
16		9,83	276,67	32,16	276,14	Tallehm 
		50,00	275,25	50,00	277,58	
		33,82	277,63	33,67	277,00	
		8,87	277,94	8,87	278,54	
		-10,00	279,58	-10,00	278,35	
17		9,80	274,21	32,21	273,18	Verwitterungston 
		50,00	272,77	50,00	275,25	
		32,16	276,14	9,83	276,67	
		-10,00	278,35	-10,00	275,79	
18		32,21	273,18	9,80	274,21	Fels, verwittert 
		-10,00	275,79	-10,00	252,77	
		50,00	252,77	50,00	272,77	

Linienverfeinerung

Nr.	Positionierung	Radius r [m]	Länge l [m]
1	Rand unten	20,00	2,00
2	Rand rechter	10,00	2,00
3	Rand linker	10,00	2,00
4	Schnittstelle Nr. 8, Linie Nr. 1	10,00	0,50
5	Schnittstelle Nr. 14, Linie Nr. 2	10,00	0,50

Netzerzeugung

Parameter der Netzerzeugung

Kantenlänge der Elemente : 1,00 [m]
Netz glätten : ja
Mehr-Knoten-Elemente erzeugen : ja

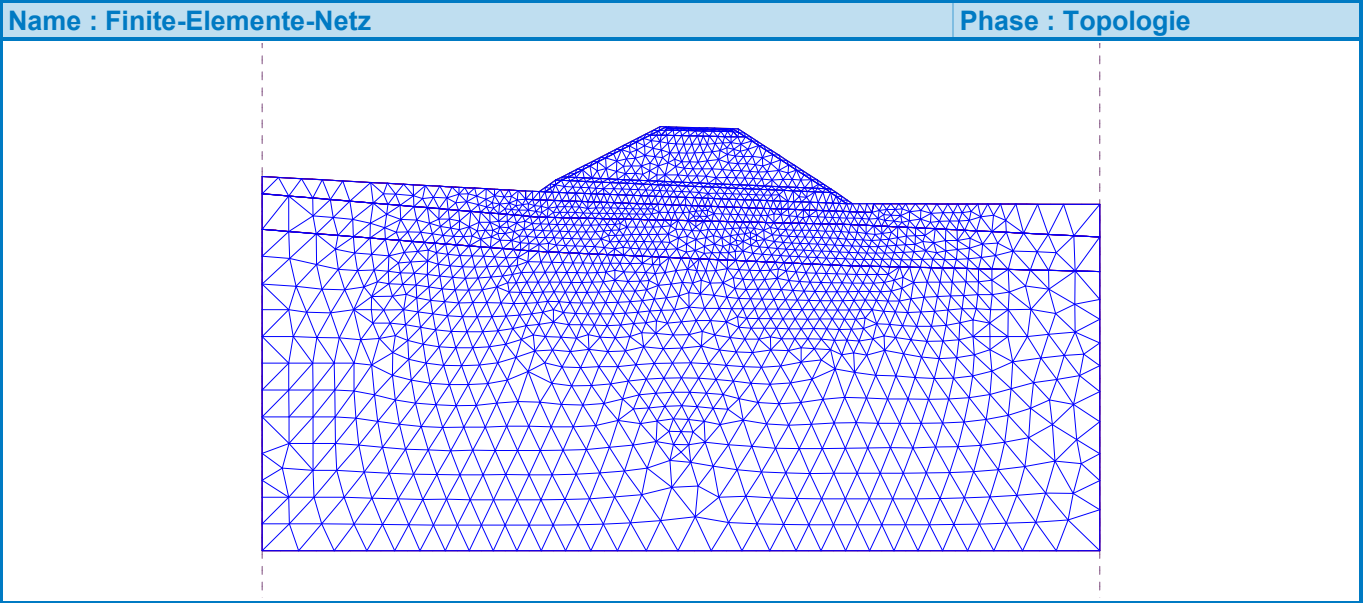
Ergebnis der Netzerzeugung

Das Finite-Elemente-Netz wurde erfolgreich erzeugt.

Anzahl der Knoten 9079
Anzahl der Elemente 5484 (Flächen- 3352, Balken- 533, Übergangs- 1599)

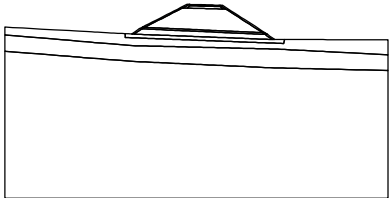
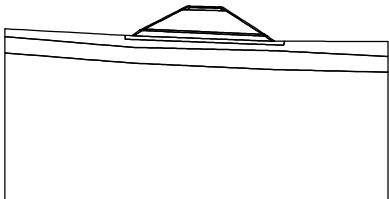
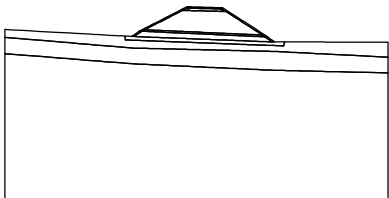
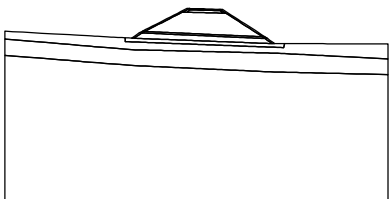
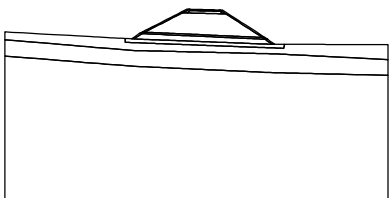
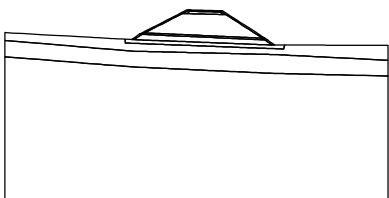
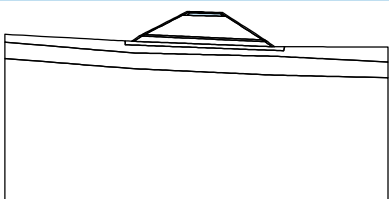
Warnung

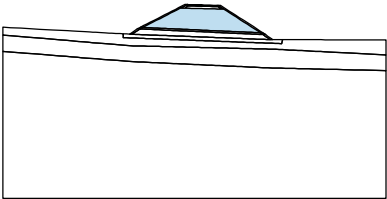
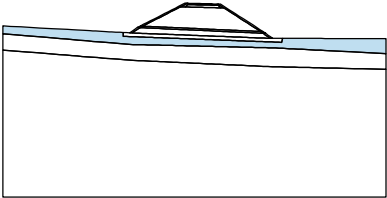
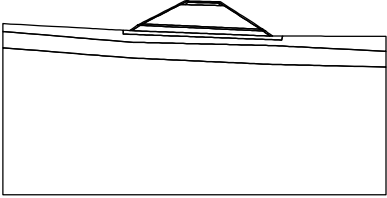
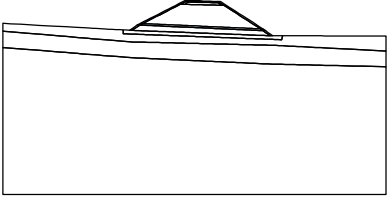
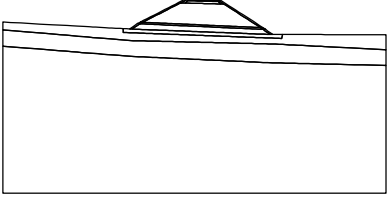
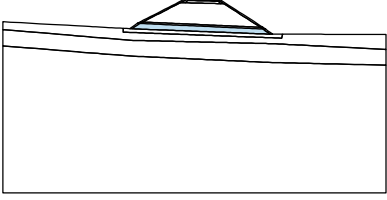
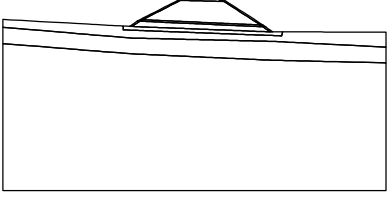
- [W086] Der Netzpunkt (23,52; 283,01) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.
- [W086] Der Netzpunkt (19,12; 283,12) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,02; 283,03) .. (23,62; 282,91)}.
- [W086] Der Netzpunkt (19,02; 283,03) liegt zu nahe zur Linie LI{(19,12; 283,12) .. (18,94; 283,13)}.
- [W086] Der Netzpunkt (23,62; 282,91) liegt zu nahe zur Linie LI{(23,70; 283,00) .. (23,52; 283,01)}.

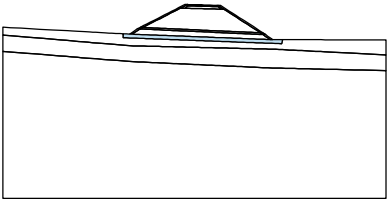
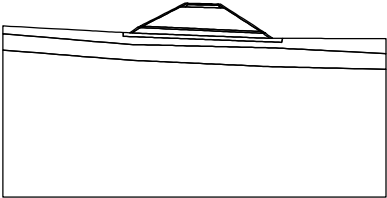
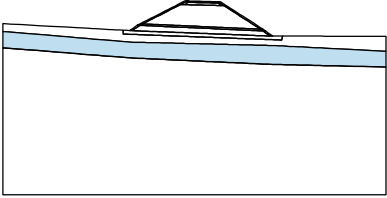
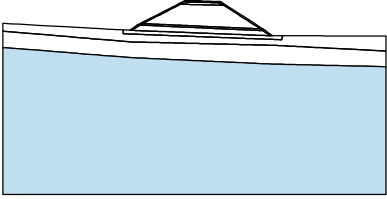


Eingangsdaten (Bauphase 1 - Ausgangszustand - Entfernen des alten Damms)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Inaktiv	
12		Inaktiv	
13		Inaktiv	
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Inaktiv	
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Positionierung	Stütze	
		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.			

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :

Steifigkeitsmatrix :

Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :

Ursprünglicher Berechnungsschritt :

Toleranz des Verschiebungsfehlers :

Fehlertoleranz der unausgeglichene Kräfte :

Toleranz des Energiefehlers :

Newton - Raphson

nach jeder Iteration

100

0,1000

0,0100

0,0100

0,0100

Materialienschnittstellen beachten :

nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :

0,00100

Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :

20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :

2,00

Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :

2

Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :

1

Line search

Lösungstyp :

nicht iterieren

Line search Limit - Minimum :

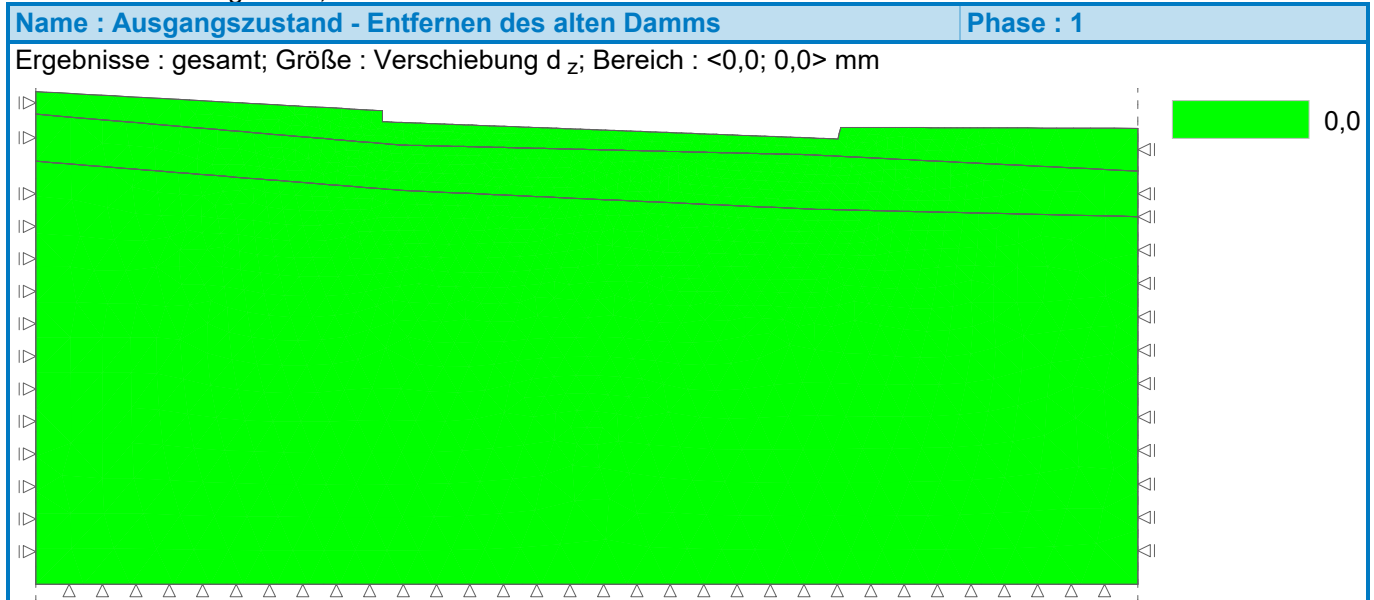
0,100

Line search Limit - Maximum :

1,000

Ergebnisse (Bauphase 1 - Ausgangszustand - Entfernen des alten Damms)**Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.**Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

**Extremwerte****Spannung (Extremwerte)**

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	591,96
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	591,96
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	9,98	252,77	-7,04	33,79	271,95	2,48
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,86	-10,00	252,77	328,84
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,86	-10,00	252,77	328,84
Vergleichsspannung J [kPa]	25,93	277,29	0,00	-10,00	252,77	227,87

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-1,96	-10,00	252,77	197,26
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-1,18	-10,00	252,77	591,96
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-1,18	-10,00	252,77	591,96
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,59	-10,00	252,77	197,30
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	-10,00	279,58	-0,59	-10,00	252,77	197,30

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	25,93	277,29	0,00	36,51	273,62	0,93
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,87	278,54	0,01
Dehnung ϵ_x [%]	-10,00	279,58	-0,05	9,37	277,92	0,05
Dehnung ϵ_z [%]	50,00	277,58	-0,01	38,88	273,63	0,80
Schubverformung γ_{xz} [%]	9,05	277,17	-0,19	33,47	276,54	0,14
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	8,87	278,54	0,00
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Volumendehnung ϵ_v [%]	-10,00	279,58	-0,03	38,88	273,63	0,80
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	-10,00	279,58	-0,05	9,37	277,92	0,06
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	9,37	277,92	-0,02	38,88	273,63	0,80
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

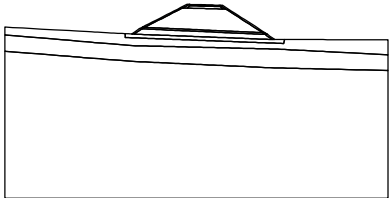
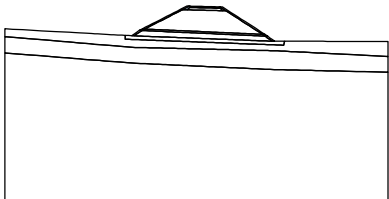
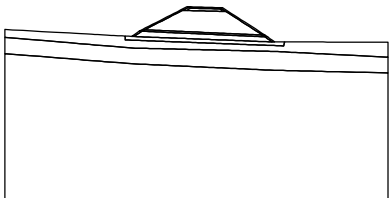
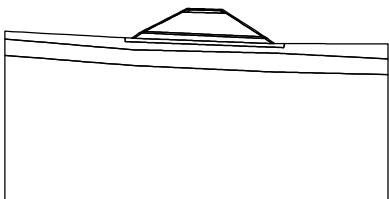
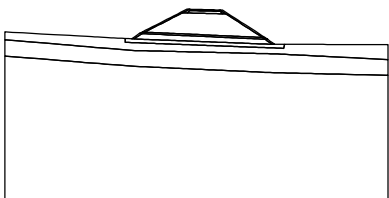
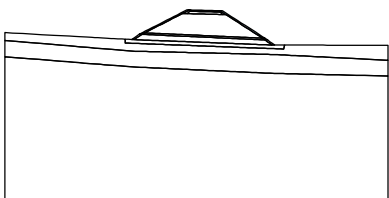
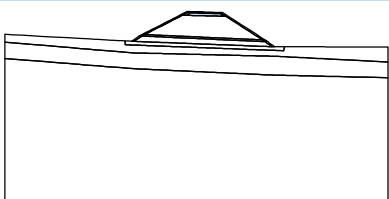
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	27,22	277,24	3,43	-10,00	268,12	83,93

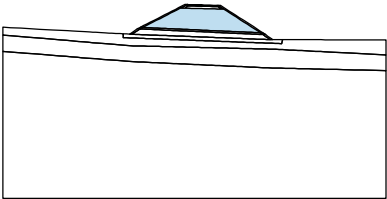
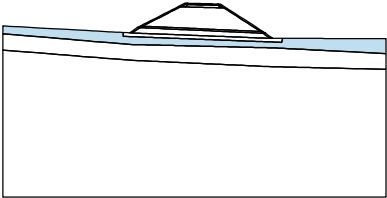
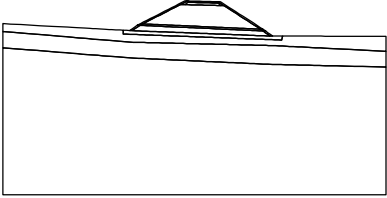
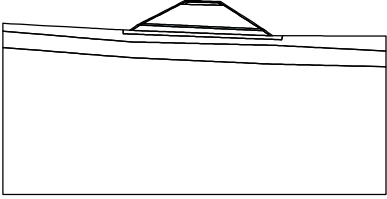
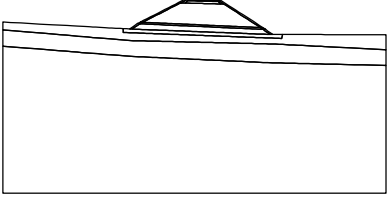
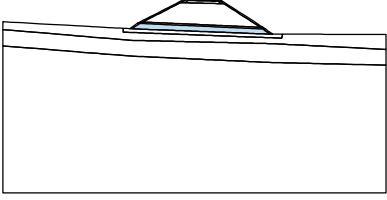
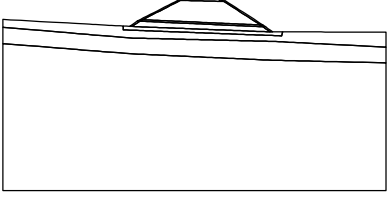
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

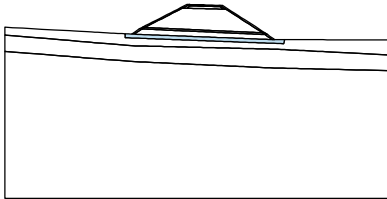
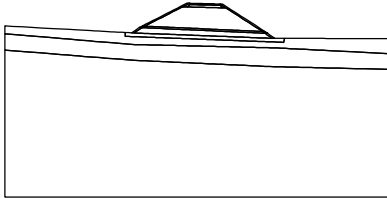
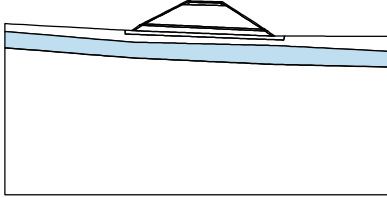
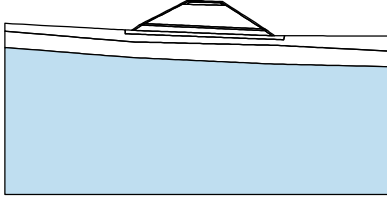
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 2 - Aufbringen von Auflast pk neben Damm)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Inaktiv	
12		Inaktiv	
13		Inaktiv	
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Inaktiv	
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

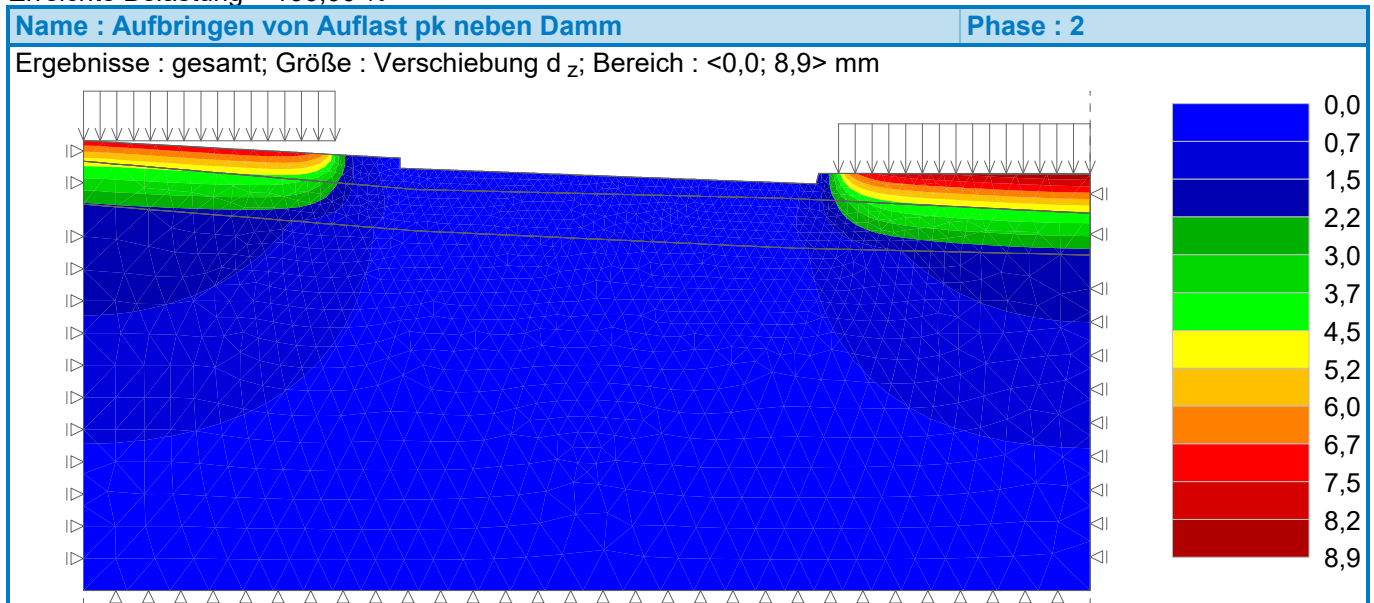
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 2 - Aufbringen von Auflast pk neben Damm)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-1,0	34,90	275,09	0,7
Verformung z [mm]	34,90	275,09	0,0	50,00	277,58	8,9

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	599,57
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,92	-10,00	252,77	599,57
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,73	-10,00	252,77	199,78
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,73	-10,00	252,77	199,78
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	8,26	252,77	-8,31	34,56	271,99	4,98
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,91	-10,00	252,77	333,06
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,91	-10,00	252,77	333,06
Vergleichsspannung J [kPa]	25,93	277,29	0,00	-10,00	252,77	230,80
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,86	-10,00	252,77	199,78
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-1,86	-10,00	252,77	199,78
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,69	-10,00	252,77	599,57
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,69	-10,00	252,77	599,57
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,63	-10,00	252,77	199,84
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,63	-10,00	252,77	199,84

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	25,93	277,29	0,00	38,88	273,63	1,04
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,87	278,54	0,01
Dehnung ϵ_x [%]	-10,00	279,58	-0,07	9,37	277,92	0,06
Dehnung ϵ_z [%]	9,37	277,92	-0,02	38,88	273,63	0,90
Schubverformung γ_{xz} [%]	9,05	277,17	-0,20	34,60	276,44	0,20
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	8,87	278,54	0,00
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Volumendehnung ϵ_v [%]	8,87	278,54	-0,03	38,88	273,63	0,89
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	-10,00	279,58	-0,07	9,37	277,92	0,07

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ε_2 [%]	9,37	277,92	-0,03	38,88	273,63	0,90
Hauptdehnung ε_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

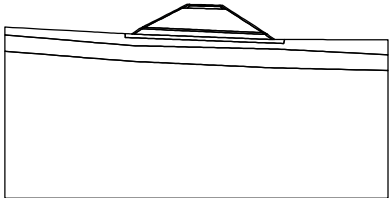
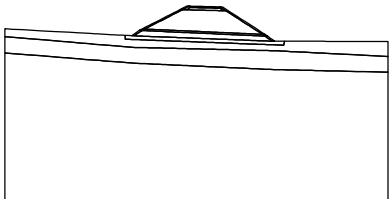
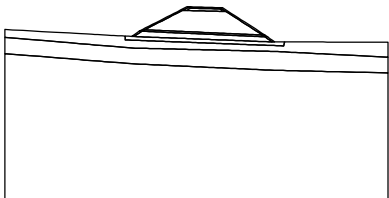
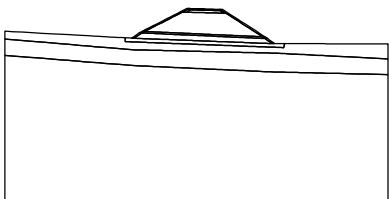
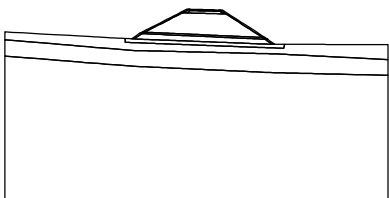
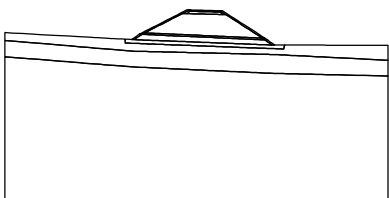
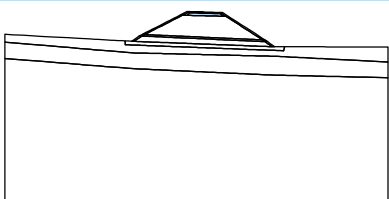
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	27,22	277,24	3,37	-10,00	279,58	90,46

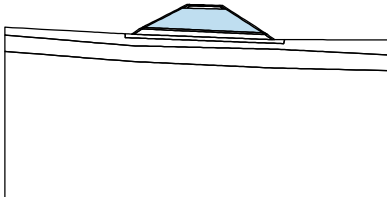
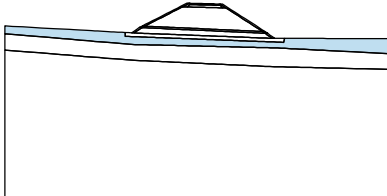
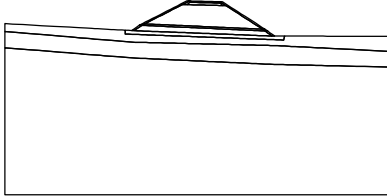
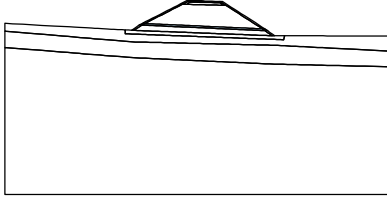
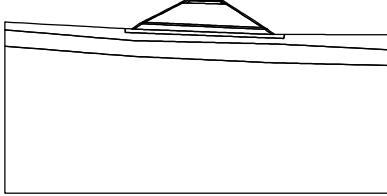
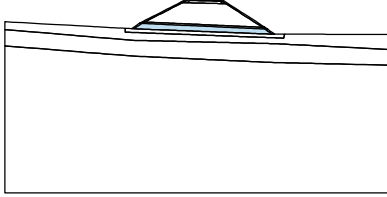
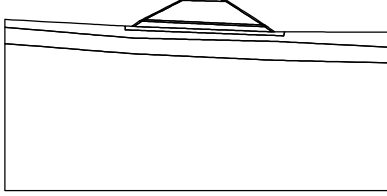
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

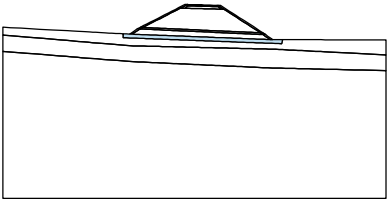
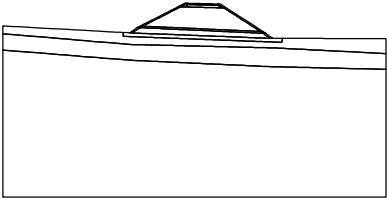
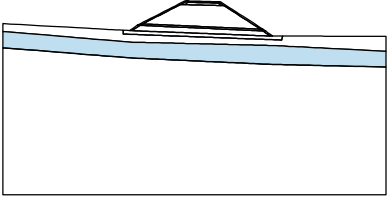
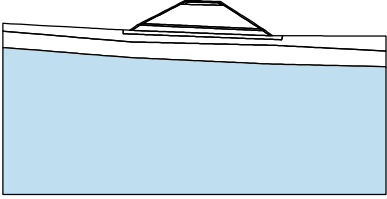
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 3 - Aufbringen Last auf Dammsohle)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Inaktiv	
11		Inaktiv	
12		Inaktiv	
13		Inaktiv	
14		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Inaktiv	
16		Inaktiv	
17		Aktiv	Verwitterungston 
18		Aktiv	Fels, verwittert 

Liniensstütze

Nr.	Liniensstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Liniensstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 9,00	l = 24,00		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

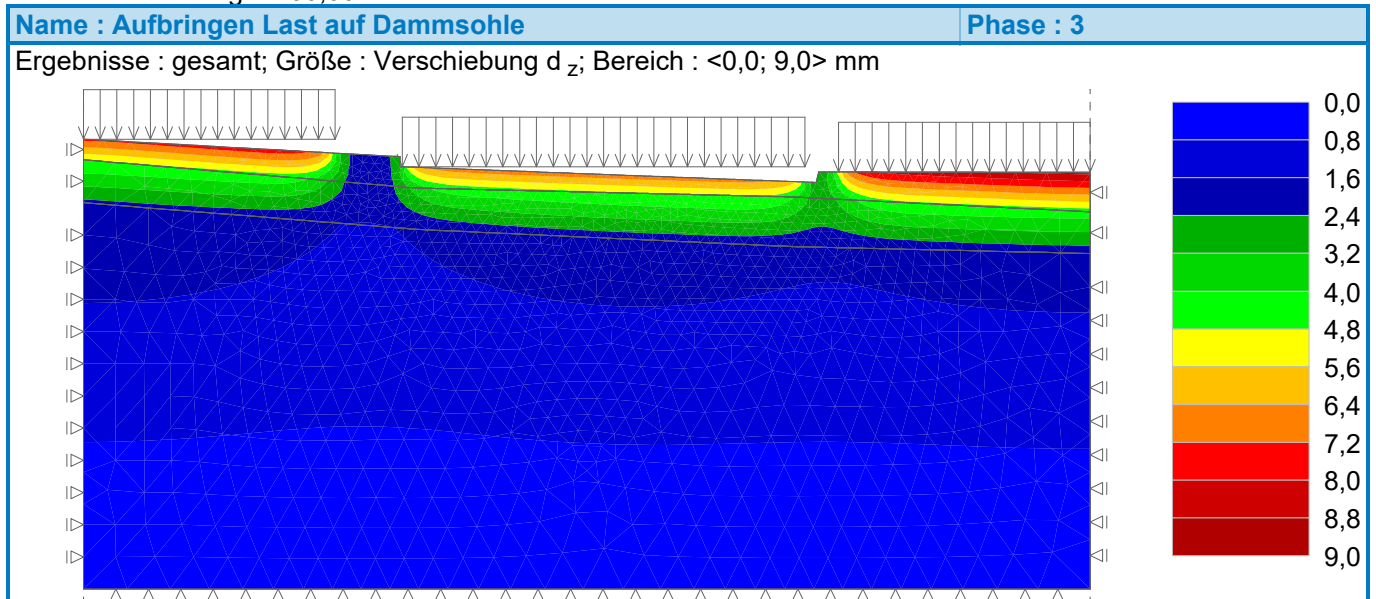
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 3 - Aufbringen Last auf Dammsohle)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-1,2	35,26	276,38	0,6
Verformung z [mm]	35,26	276,38	0,0	50,00	277,58	9,0

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,74	-10,00	252,77	600,89
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,74	-10,00	252,77	600,89
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-2,17	-10,00	252,77	200,23
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-2,17	-10,00	252,77	200,23
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	9,98	252,77	-6,92	34,37	276,03	3,23
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-1,12	-10,00	252,77	333,80
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-1,12	-10,00	252,77	333,80
Vergleichsspannung J [kPa]	34,45	277,63	0,67	-10,00	252,77	231,31
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-2,41	-10,00	252,77	200,23
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-2,41	-10,00	252,77	200,23
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,50	-10,00	252,77	600,89
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	33,82	277,63	-0,50	-10,00	252,77	600,89
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,77	-10,00	252,77	200,28
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	8,87	278,54	-0,77	-10,00	252,77	200,28

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	7,67	278,61	0,00	38,88	273,63	1,04
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	8,87	278,54	0,01
Dehnung ϵ_x [%]	-10,00	279,58	-0,08	33,47	276,54	0,07
Dehnung ϵ_z [%]	7,67	278,61	0,00	38,88	273,63	0,90
Schubverformung γ_{xz} [%]	5,49	277,57	-0,16	34,60	276,44	0,19
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	8,35	278,57	0,00	8,87	278,54	0,00
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	33,17	277,02	-0,01	8,35	278,57	0,00
Volumendehnung ϵ_v [%]	8,87	278,54	-0,02	38,88	273,63	0,89
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	-10,00	279,58	-0,08	33,47	276,54	0,06

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ε_2 [%]	7,67	278,61	0,00	38,88	273,63	0,90
Hauptdehnung ε_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

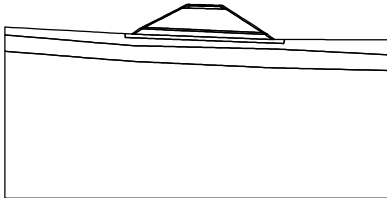
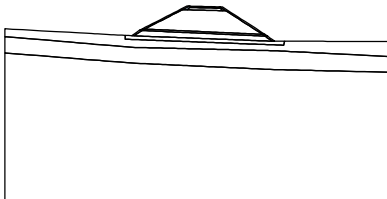
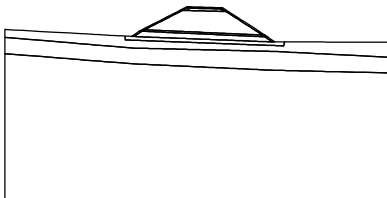
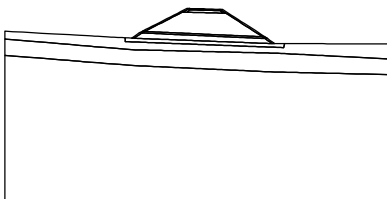
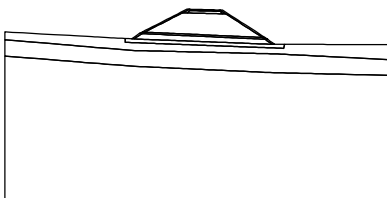
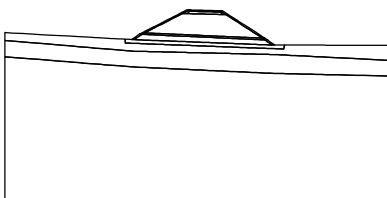
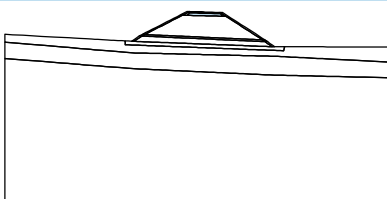
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	32,63	275,58	38,03	-10,00	279,58	93,43

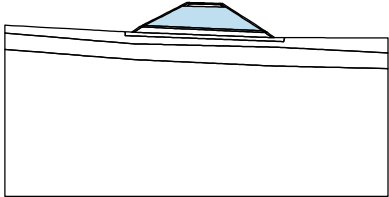
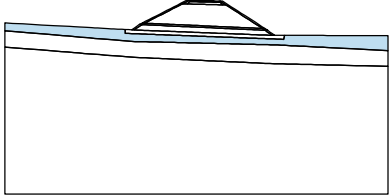
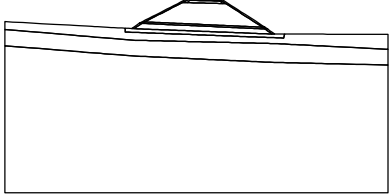
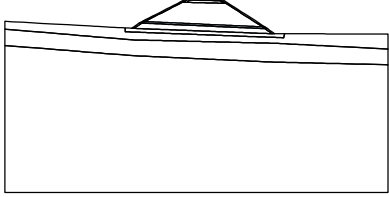
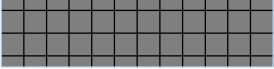
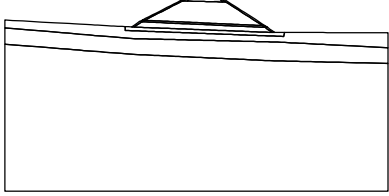
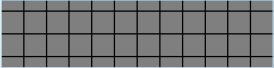
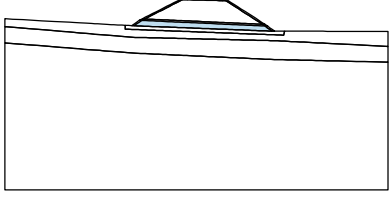
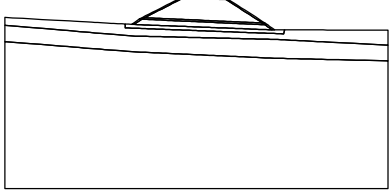
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 4 - Herstellen des Betondurchlasses)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Inaktiv	
9		Aktiv	Tallehm 
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
17		Aktiv	Verwitterungston
18		Aktiv	Fels, verwittert

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 12,00	l = 18,00		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

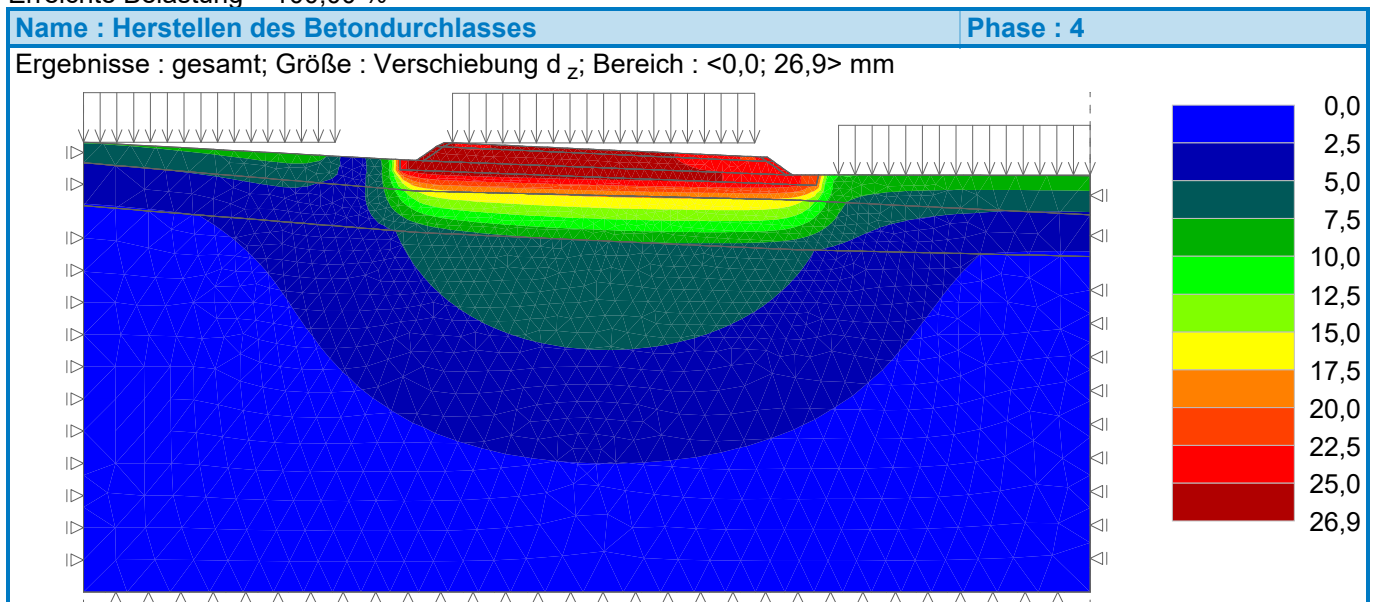
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 4 - Herstellen des Betondurchlasses)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : Standard

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-3,0	8,63	277,56	2,5
Verformung z [mm]	8,63	277,56	0,0	12,02	277,82	26,9

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-7,88	-10,00	252,77	605,52
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-7,88	-10,00	252,77	605,52
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,10	-10,00	252,77	201,81
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,10	-10,00	252,77	201,81
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	33,82	277,63	-7,12	8,63	276,77	7,58
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-4,10	-10,00	252,77	336,39
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-4,10	-10,00	252,77	336,39
Vergleichsspannung J [kPa]	10,27	278,47	0,24	-10,00	252,77	233,07
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,10	-10,00	252,77	201,81
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,10	-10,00	252,77	201,81
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-7,99	-10,00	252,77	605,52
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-7,99	-10,00	252,77	605,52
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-2,46	-10,00	252,77	201,83
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-2,46	-10,00	252,77	201,83

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	10,27	278,47	0,00	8,87	278,54	2,72
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	-8,09	278,19	0,00	8,87	278,54	2,78
Dehnung ϵ_x [%]	9,08	277,63	-0,37	8,19	277,49	0,15
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,12	9,08	277,63	1,32
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-2,56	8,87	278,54	2,71
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	9,08	277,63	-0,33	34,45	277,63	0,14
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	34,45	277,63	-0,15	9,08	277,63	0,33
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	33,82	277,63	-2,36	8,87	278,54	2,78
Volumendehnung ϵ_v [%]	34,45	277,63	-0,03	10,05	277,01	1,19
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	8,87	278,54	0,00	8,35	278,57	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	8,87	278,54	-1,33	8,35	278,57	0,64

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ε_2 [%]	8,35	278,57	-0,65	8,87	278,54	1,39
Hauptdehnung ε_3 [%]	-10,00	278,35	0,00	-10,00	278,35	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

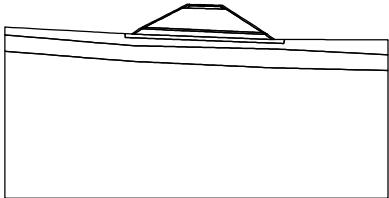
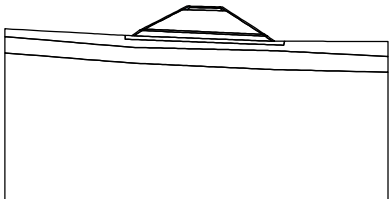
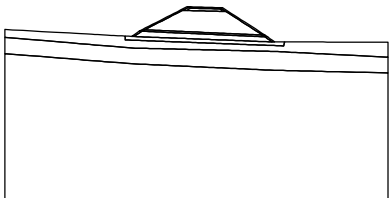
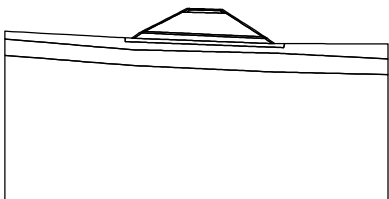
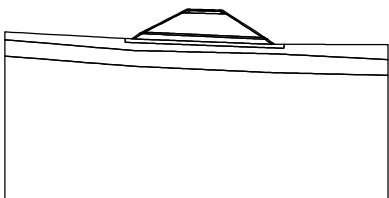
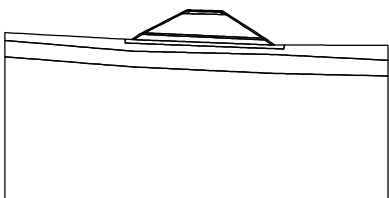
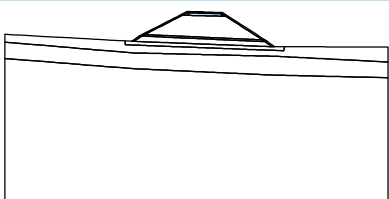
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	10,27	278,47	0,37	-10,00	279,58	100,00

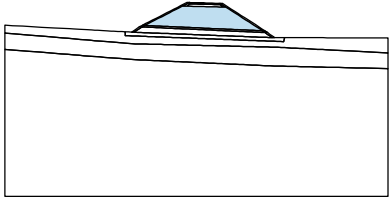
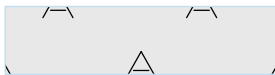
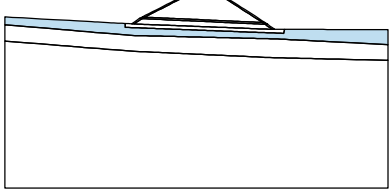
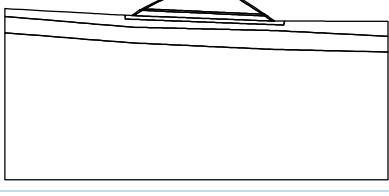
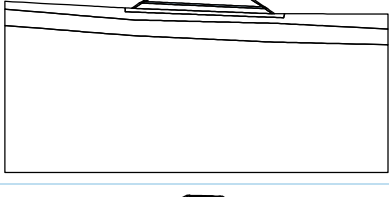
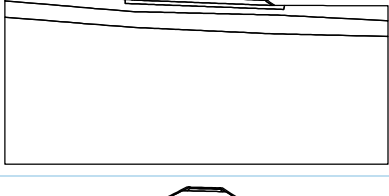
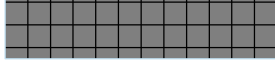
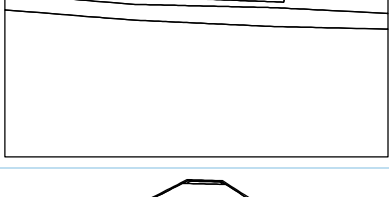
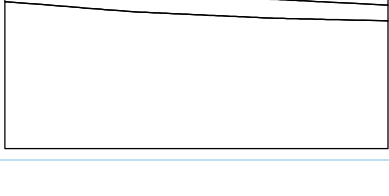
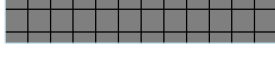
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

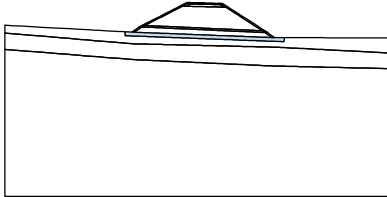
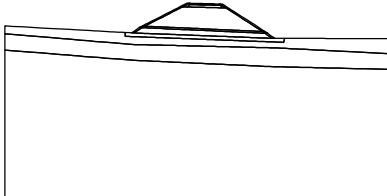
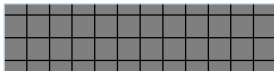
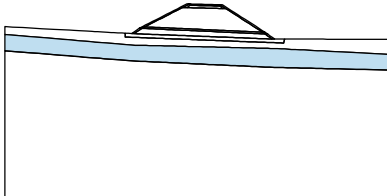
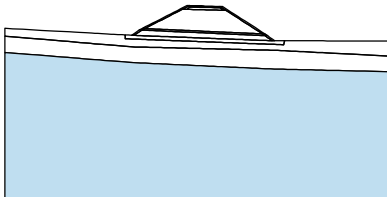
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	-10,00	278,35	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 5 - Lagerweise Schüttung des HWS-Damms)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Inaktiv	

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1 z [m] / x ₁ [m]	Ursprung / Punkt 1 x [m] / z ₁ [m]	Länge / Punkt 2 l [m] / x ₂ [m]	Breite / Punkt 2 b [m] / z ₂ [m]	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung							q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 18,00	l = 6,50		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 5 - Lagenweise Schüttung des HWS-Damms)

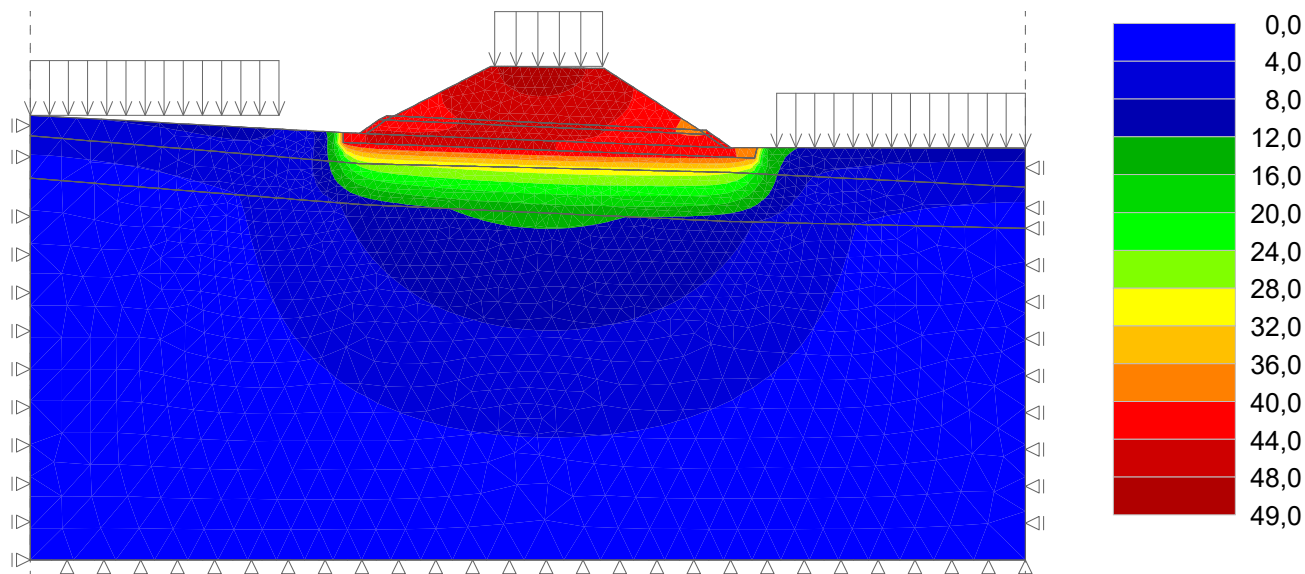
Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Lagenweise Schüttung des HWS-Damms

Phase : 5

Ergebnisse : gesamt; Größe : Verschiebung d_z ; Bereich : <0,0; 49,0> mm

Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-6,5	8,63	277,56	5,0
Verformung z [mm]	8,63	277,56	0,0	20,61	282,49	49,0

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,33	15,46	252,77	614,28
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,33	15,46	252,77	614,28
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,35	15,46	252,77	204,73
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,35	15,46	252,77	204,73
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	33,81	276,06	-14,00	8,63	276,77	16,27
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-5,97	15,46	252,77	341,25
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-5,97	15,46	252,77	341,25
Vergleichsspannung J [kPa]	11,91	279,54	0,16	15,46	252,77	236,45
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,35	13,55	252,77	204,72
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,35	13,55	252,77	204,72
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,67	15,46	252,77	614,28
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,67	15,46	252,77	614,28
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,58	15,46	252,77	204,75
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,58	15,46	252,77	204,75

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	11,91	279,54	0,00	33,82	277,63	6,90
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	11,91	279,54	0,00	33,82	277,63	6,76
Dehnung ϵ_x [%]	33,82	277,63	-0,85	8,19	277,49	0,32
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,29	9,08	277,63	2,19
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-6,72	8,87	278,54	5,92
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	9,08	277,63	-0,82	34,45	277,63	0,29
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,33	9,08	277,63	0,82
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	33,82	277,63	-6,71	8,87	278,54	6,18
Volumendehnung ϵ_v [%]	33,82	277,63	-0,17	10,05	277,01	1,78
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,03	8,87	278,54	0,00
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	33,82	277,63	-3,53	8,35	278,57	1,35
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	8,35	278,57	-1,42	33,82	277,63	3,36
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	11,91	279,54	0,00	11,91	279,54	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

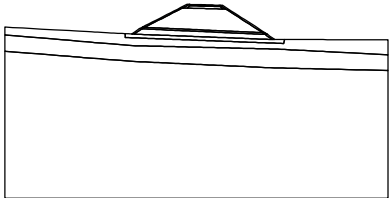
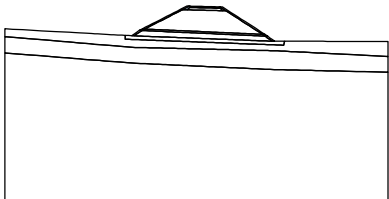
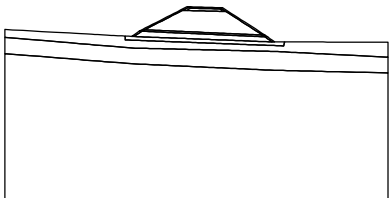
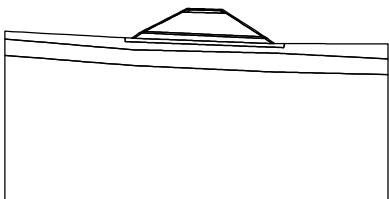
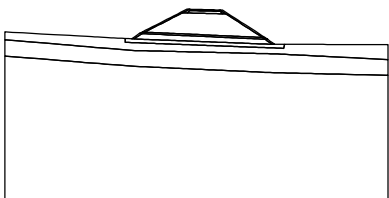
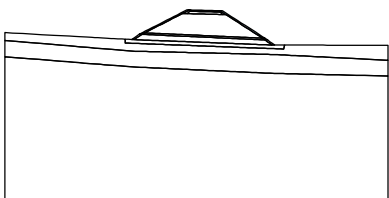
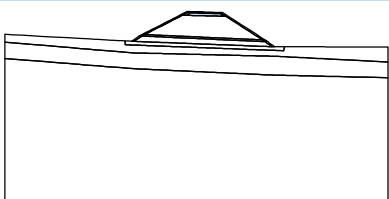
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,91	279,54	0,30	-10,00	279,58	100,00

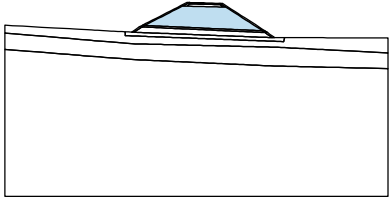
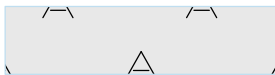
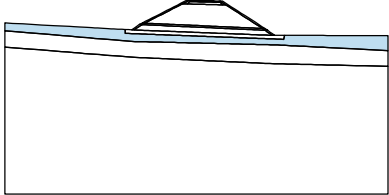
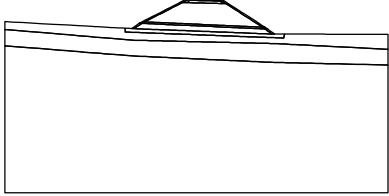
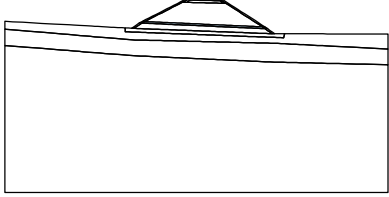
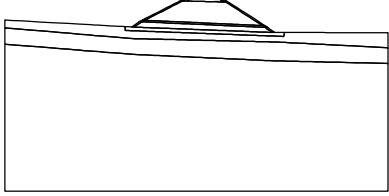
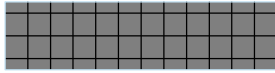
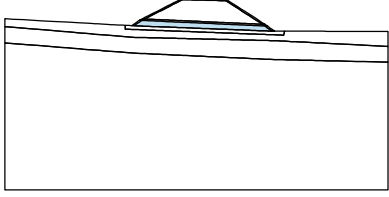
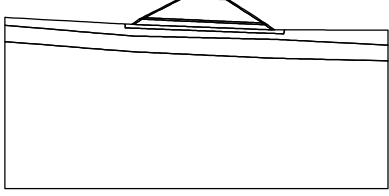
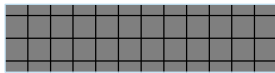
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

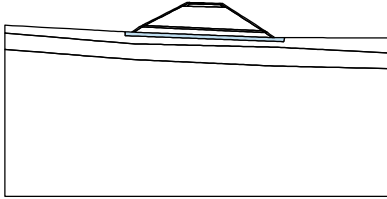
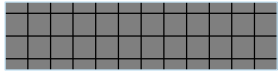
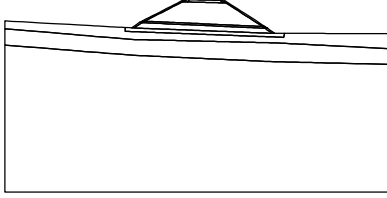
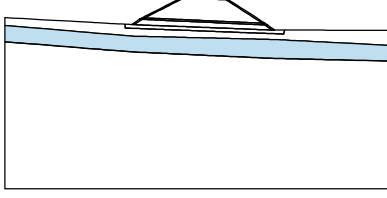
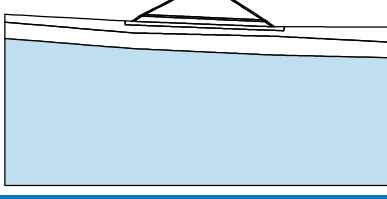
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	11,91	279,54	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 6 - Ungebundenen Oberbau herstellen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Inaktiv	
4		Inaktiv	
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,00	l = 4,75		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 6 - Ungebundenen Oberbau herstellen)

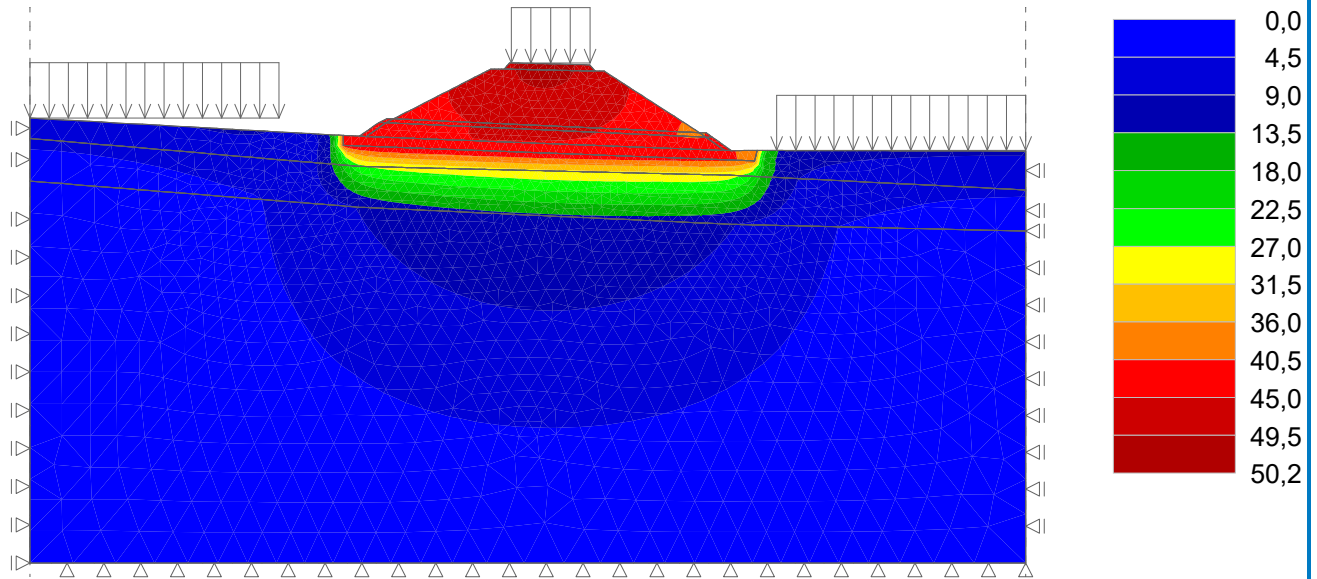
Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Ungebundenen Oberbau herstellen

Phase : 6

Ergebnisse : gesamt; Größe : Verschiebung d_z ; Bereich : <0,0; 50,2> mm

Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-6,7	8,63	277,56	5,1
Verformung z [mm]	8,63	277,56	0,0	21,05	282,86	50,2

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,54	15,46	252,77	614,81
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,54	15,46	252,77	614,81
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	204,90
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	204,90
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	33,81	276,06	-14,23	8,63	276,77	16,50
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-6,09	15,46	252,77	341,55
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-6,09	15,46	252,77	341,55
Vergleichsspannung J [kPa]	11,91	279,54	0,17	15,46	252,77	236,66
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	204,90
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	204,90
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,88	15,46	252,77	614,81
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,88	15,46	252,77	614,81
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,65	15,46	252,77	204,93
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,65	15,46	252,77	204,93

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	11,91	279,54	0,00	33,82	277,63	7,04
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	20,05	282,51	0,00	33,82	277,63	6,89
Dehnung ϵ_x [%]	33,82	277,63	-0,87	8,19	277,49	0,33
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,29	9,08	277,63	2,21
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-6,86	8,87	278,54	6,01
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	9,08	277,63	-0,83	34,45	277,63	0,30
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,33	9,08	277,63	0,83
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	33,82	277,63	-6,84	8,87	278,54	6,27
Volumendehnung ϵ_v [%]	33,82	277,63	-0,17	10,05	277,01	1,79
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,03	8,87	278,54	0,01
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	33,82	277,63	-3,61	8,35	278,57	1,37
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	8,35	278,57	-1,45	33,82	277,63	3,43
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	18,58	282,54	0,00	18,58	282,54	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

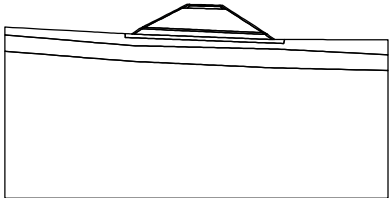
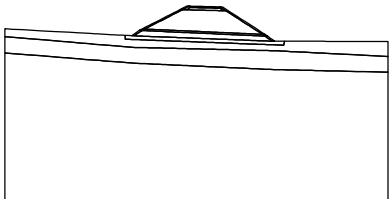
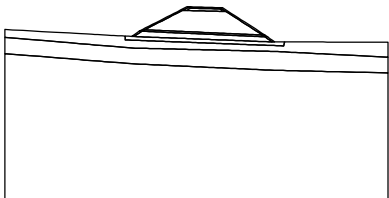
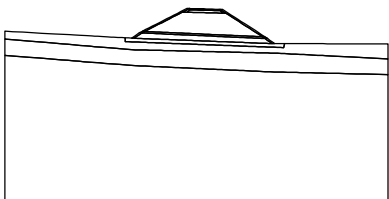
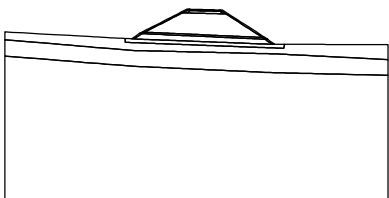
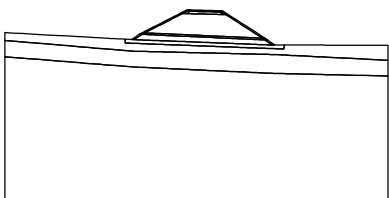
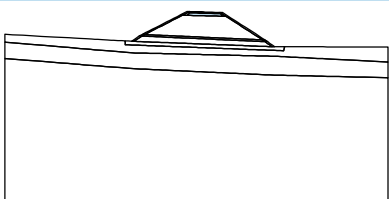
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,91	279,54	0,29	-10,00	279,58	100,00

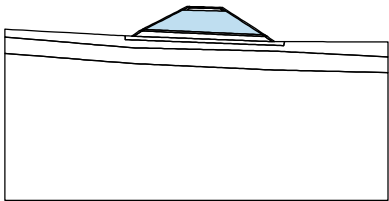
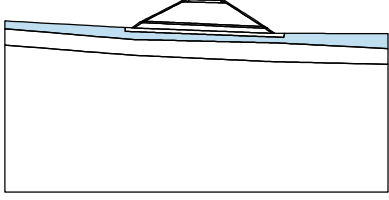
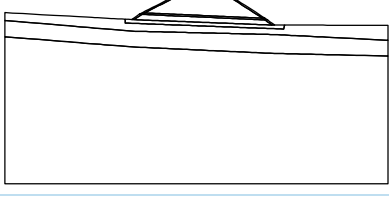
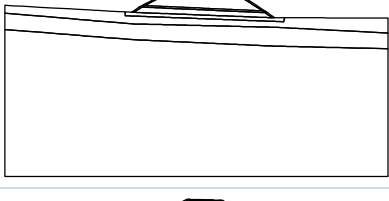
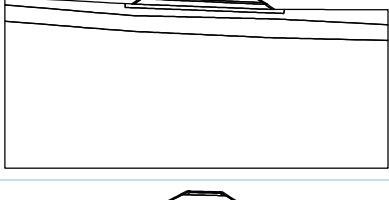
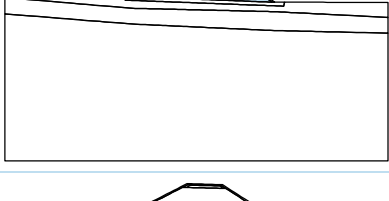
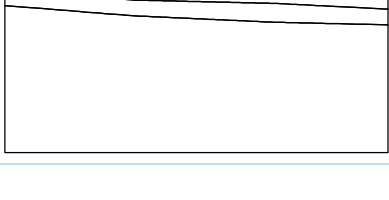
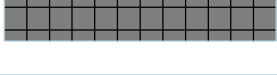
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

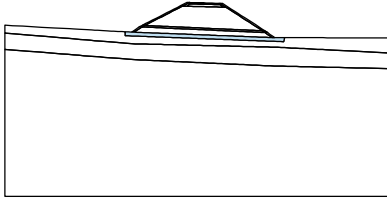
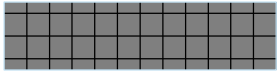
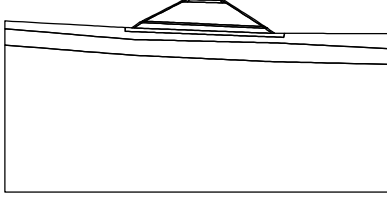
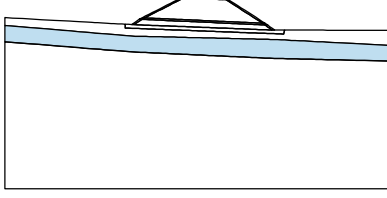
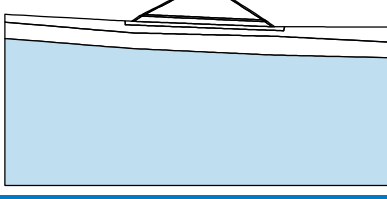
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	18,58	282,54	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 7 - Asphaltschichten herstellen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Inaktiv	
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Inaktiv	
6		Inaktiv	
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Liniestütze

Nr.	Liniestütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Liniestützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,20	l = 4,25		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 7 - Asphaltsschichten herstellen)

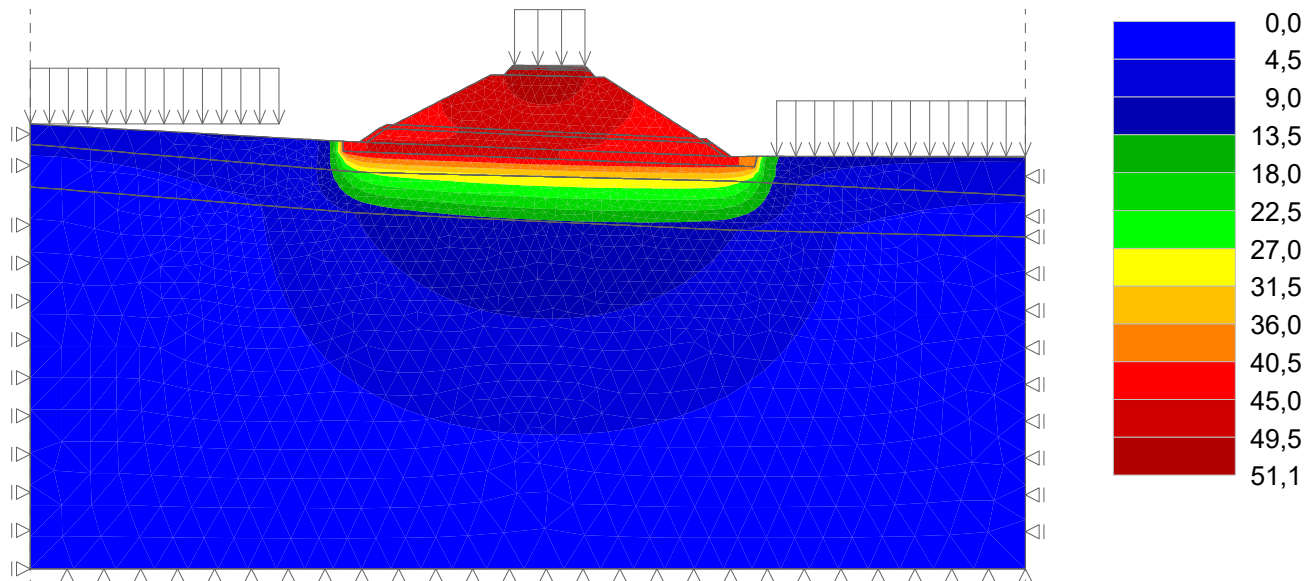
Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Asphaltschichten herstellen

Phase : 7

Ergebnisse : gesamt; Größe : Verschiebung d_z ; Bereich : <0,0; 51,1> mm

Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-6,8	8,63	277,56	5,2
Verformung z [mm]	8,63	277,56	0,0	21,05	282,86	51,1

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,70	15,46	252,77	615,27
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,70	15,46	252,77	615,27
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	205,06
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	205,06
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	33,81	276,06	-14,41	8,63	276,77	16,71
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-6,19	15,46	252,77	341,80
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-6,19	15,46	252,77	341,80
Vergleichsspannung J [kPa]	11,91	279,54	0,18	15,46	252,77	236,83
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	205,05
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,37	15,46	252,77	205,05
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,06	15,46	252,77	615,27
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,06	15,46	252,77	615,27
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,71	15,46	252,77	205,08

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,71	15,46	252,77	205,08

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	19,12	283,12	0,00	33,82	277,63	7,16
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	23,62	282,91	0,00	33,82	277,63	7,02
Dehnung ϵ_x [%]	33,82	277,63	-0,90	8,19	277,49	0,33
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,30	9,08	277,63	2,24
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-6,98	8,87	278,54	6,09
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	9,08	277,63	-0,85	34,45	277,63	0,30
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,34	9,08	277,63	0,85
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	33,82	277,63	-6,97	8,87	278,54	6,37
Volumendehnung ϵ_v [%]	33,82	277,63	-0,18	10,05	277,01	1,81
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,03	8,87	278,54	0,01
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	33,82	277,63	-3,67	8,35	278,57	1,39
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	8,35	278,57	-1,47	33,82	277,63	3,49
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	23,62	282,91	0,00	23,62	282,91	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

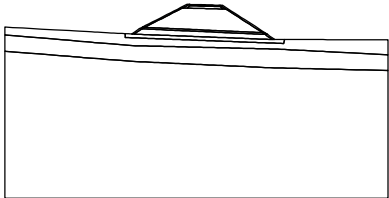
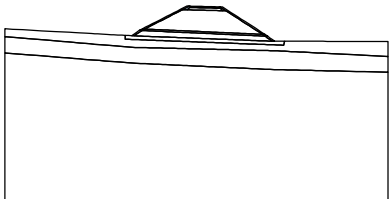
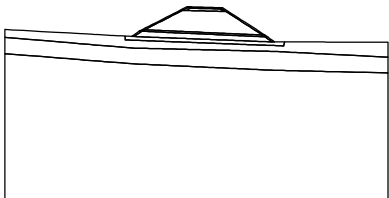
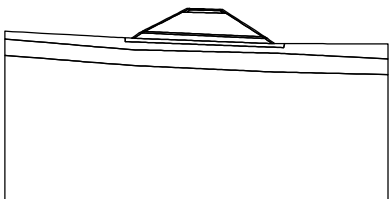
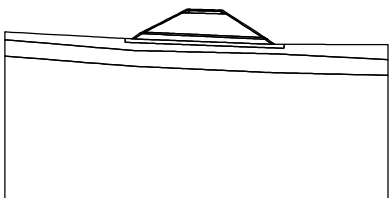
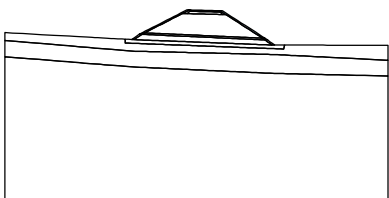
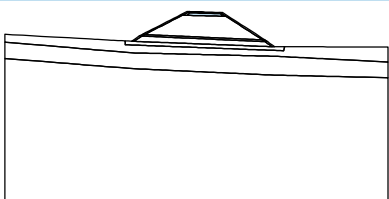
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,91	279,54	0,28	-10,00	279,58	100,00

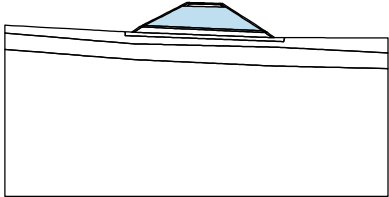
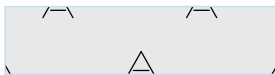
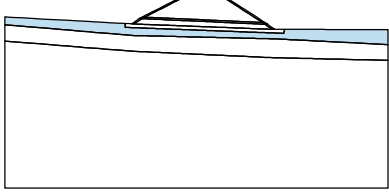
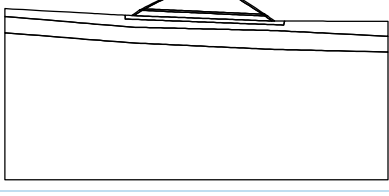
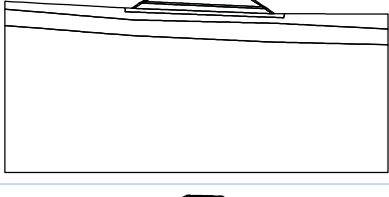
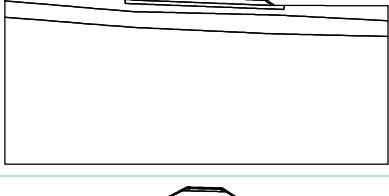
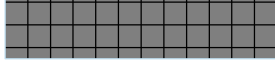
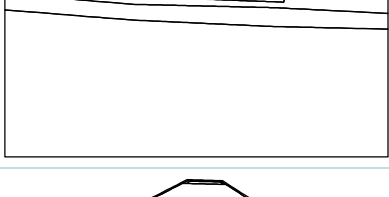
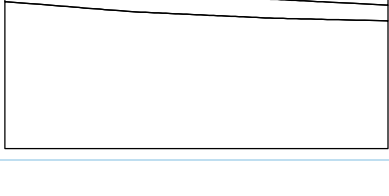
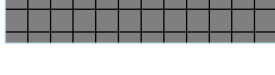
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

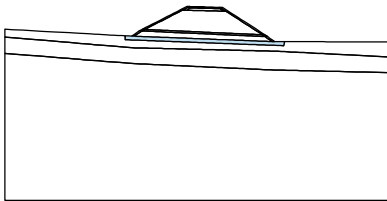
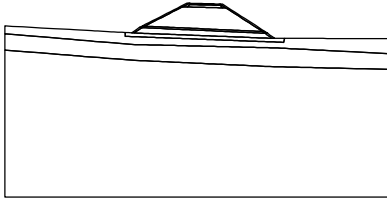
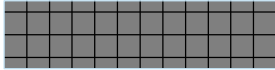
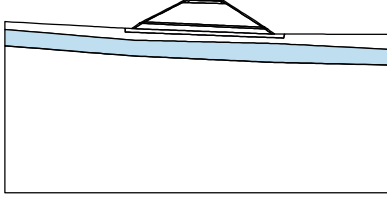
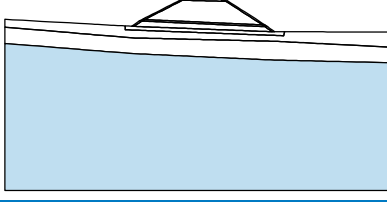
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	23,62	282,91	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 8 - Bankette herstellen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Inaktiv	
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Inaktiv	
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 19,20	l = 4,25		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 8 - Bankette herstellen)

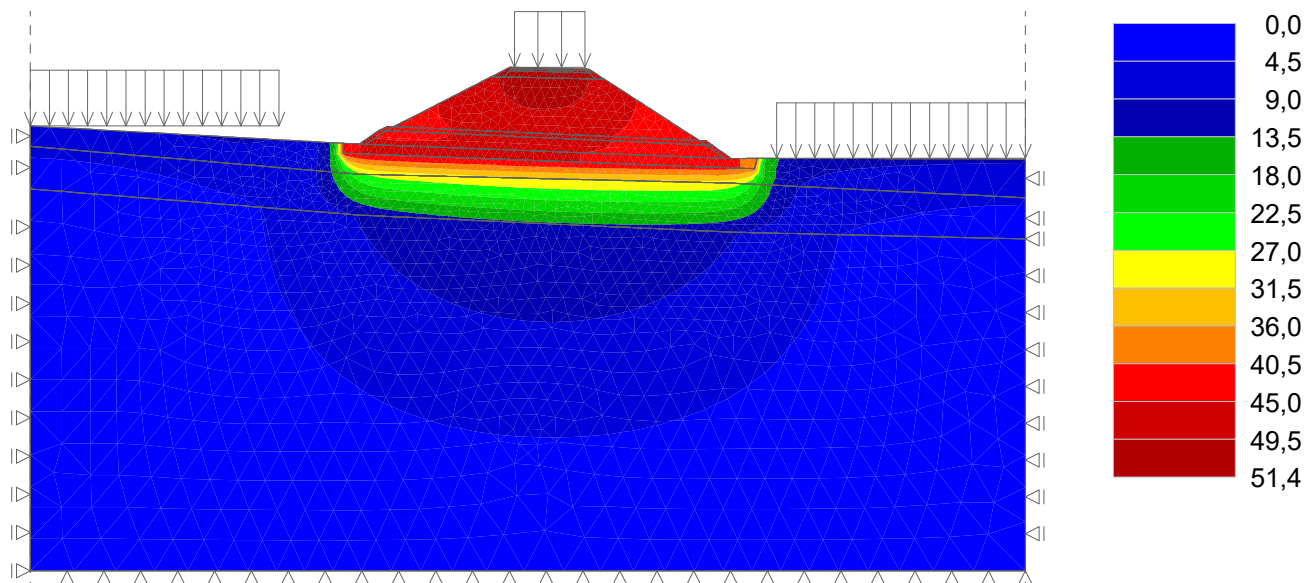
Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Bankette herstellen

Phase : 8

Ergebnisse : gesamt; Größe : Verschiebung d_z ; Bereich : <0,0; 51,4> mm

Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-6,8	8,63	277,56	5,2
Verformung z [mm]	8,63	277,56	0,0	21,05	282,86	51,4

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,78	15,46	252,77	615,51
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-11,78	15,46	252,77	615,51
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,38	15,46	252,77	205,14
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,38	15,46	252,77	205,14
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	33,81	276,06	-14,49	8,63	276,77	16,82
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-6,23	15,46	252,77	341,93
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-6,23	15,46	252,77	341,93
Vergleichsspannung J [kPa]	11,91	279,54	0,18	15,46	252,77	236,92
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,38	15,46	252,77	205,13
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	7,06	278,64	-4,38	15,46	252,77	205,13
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,14	15,46	252,77	615,51
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,14	15,46	252,77	615,51
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,74	15,46	252,77	205,16

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,74	15,46	252,77	205,16

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	11,91	279,54	0,00	33,82	277,63	7,22
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	17,78	282,54	0,00	33,82	277,63	7,08
Dehnung ϵ_x [%]	33,82	277,63	-0,91	8,19	277,49	0,34
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,30	9,08	277,63	2,25
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-7,03	8,87	278,54	6,15
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	9,08	277,63	-0,85	34,45	277,63	0,31
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,34	9,08	277,63	0,85
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	33,82	277,63	-7,02	8,87	278,54	6,42
Volumendehnung ϵ_v [%]	33,82	277,63	-0,18	10,05	277,01	1,82
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,03	8,87	278,54	0,01
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	33,82	277,63	-3,70	8,35	278,57	1,40
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	8,35	278,57	-1,48	33,82	277,63	3,52
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	17,78	282,54	0,00	17,78	282,54	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

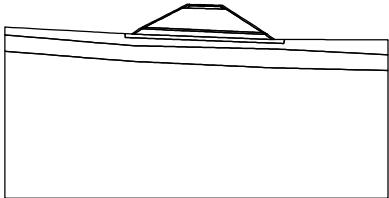
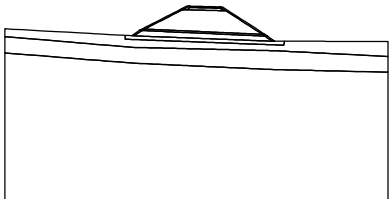
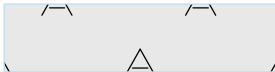
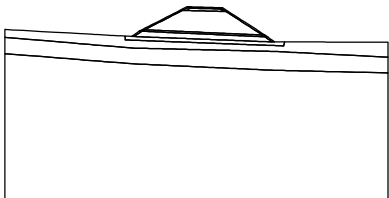
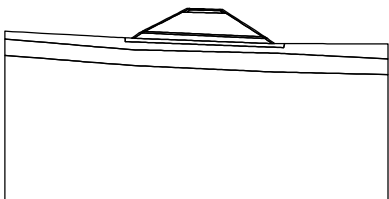
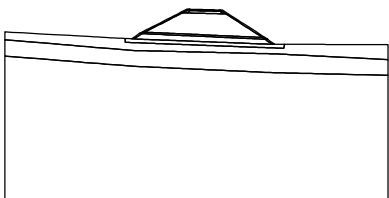
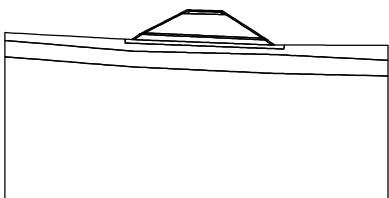
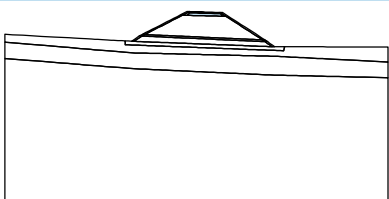
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	11,91	279,54	0,28	-10,00	279,58	100,00

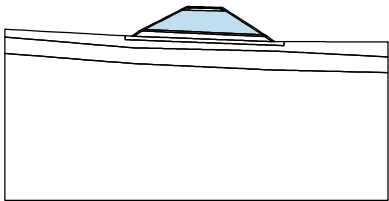
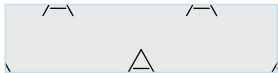
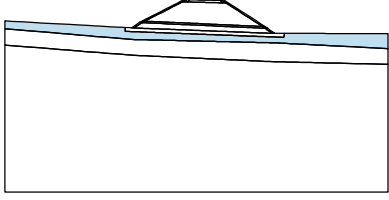
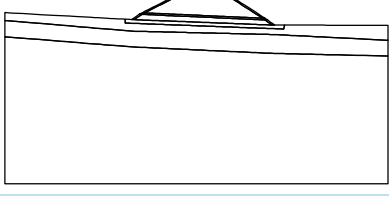
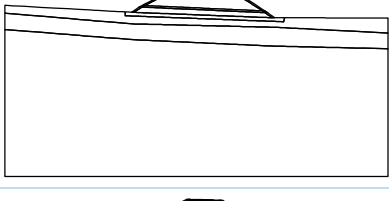
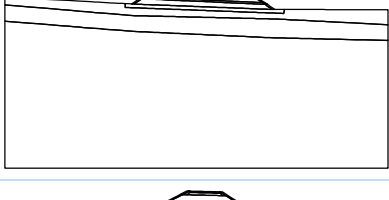
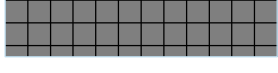
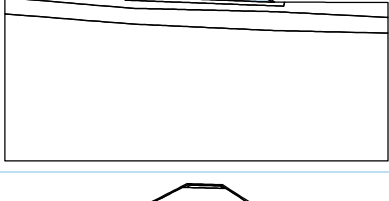
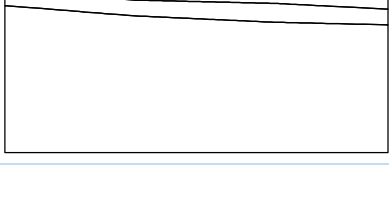
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

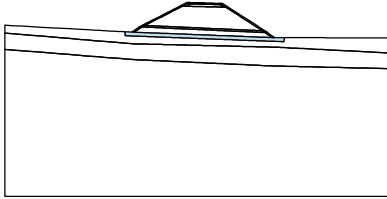
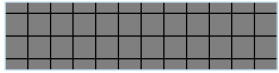
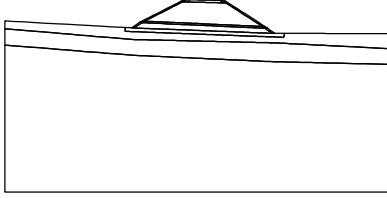
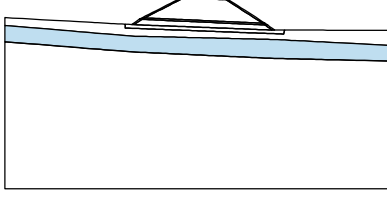
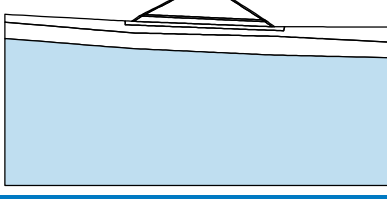
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	17,78	282,54	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 9 - Steinstückung in Beton auf Böschungen aufbringen)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Steinstückung in Beton 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Steinstückung in Beton 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Linienstütze

Nr.	Linienstütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Linienstützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = -10,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 35,00	l = 15,00		0,00	10,00		kN/m ²
3	Nein	Nein	Band	auf der Oberfläche	x = 19,20	l = 4,25		0,00	10,00		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	Gleichmäßige Gleichlast pk1 (EB 56)
2	Gleichmäßige Gleichlast pk3 (EB 56)
3	Gleichmäßige Gleichlast pk2 (EB 56)

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichenen Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 9 - Steinstückung in Beton auf Böschungen aufbringen)

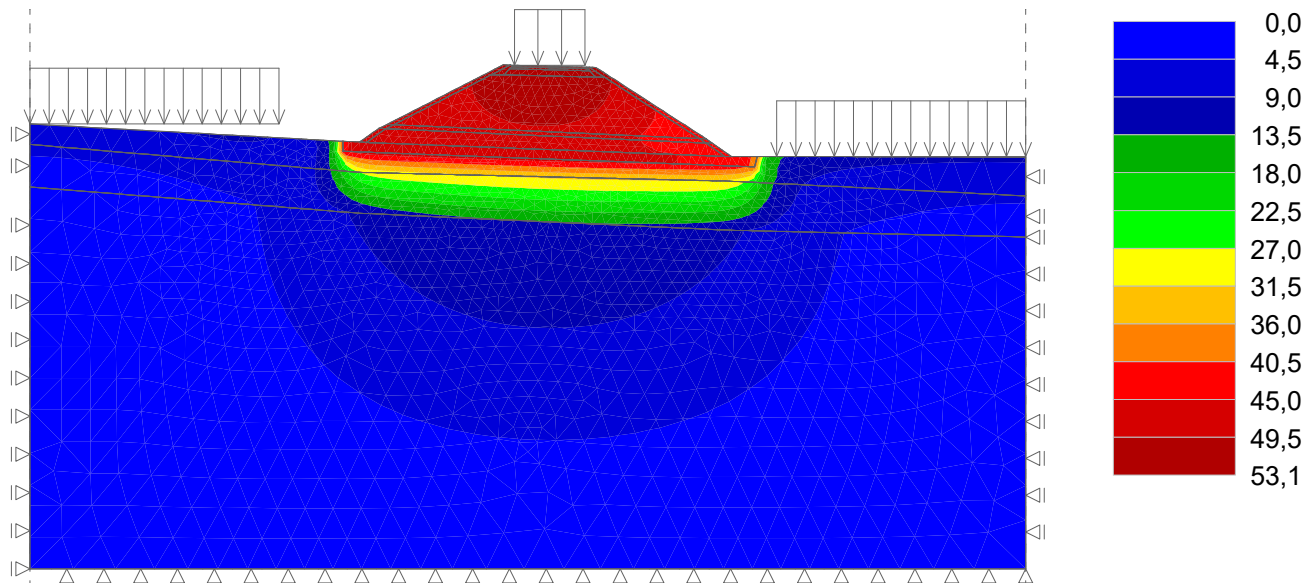
Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %

Name : Steinstückung in Beton auf Böschungen aufbringen

Phase : 9

Ergebnisse : gesamt; Größe : Verschiebung d_z ; Bereich : <0,0; 53,1> mm

Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-7,2	8,63	277,56	5,4
Verformung z [mm]	8,63	277,56	0,0	21,05	282,86	53,1

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,14	15,46	252,77	617,13
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,14	15,46	252,77	617,13
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	20,28	283,09	-8,65	15,46	252,77	205,67
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	20,28	283,09	-8,65	15,46	252,77	205,67
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	33,81	276,06	-15,15	8,63	276,77	17,54
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-5,68	15,46	252,77	342,84
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-5,68	15,46	252,77	342,84
Vergleichsspannung J [kPa]	34,45	277,63	1,04	15,46	252,77	237,55
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	20,28	283,09	-8,65	15,46	252,77	205,67
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	20,28	283,09	-8,65	15,46	252,77	205,67
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,51	15,46	252,77	617,13
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	11,44	279,30	-11,51	15,46	252,77	617,13
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,41	15,46	252,77	205,70

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,41	15,46	252,77	205,70

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	18,01	282,88	0,00	33,82	277,63	7,74
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, pl}$ [%]	11,50	279,55	0,00	33,82	277,63	7,60
Dehnung ϵ_x [%]	33,82	277,63	-1,01	8,19	277,49	0,35
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,31	9,08	277,63	2,33
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-7,52	8,87	278,54	6,46
Plastische Verformung $\epsilon_{x, pl}$ [%]	9,08	277,63	-0,90	34,45	277,63	0,32
Plastische Verformung $\epsilon_{z, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,36	9,08	277,63	0,90
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, pl}$ [%]	33,82	277,63	-7,53	8,87	278,54	6,76
Volumendehnung ϵ_v [%]	33,82	277,63	-0,20	10,05	277,01	1,87
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, pl}$ [%]	34,45	277,63	-0,03	8,87	278,54	0,01
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	33,82	277,63	-3,97	8,35	278,57	1,47
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	8,35	278,57	-1,56	33,82	277,63	3,77
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	11,50	279,55	0,00	11,50	279,55	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

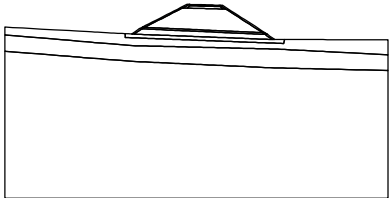
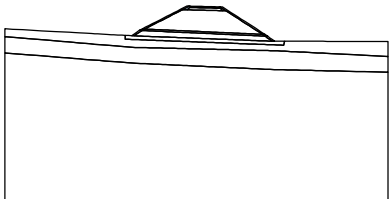
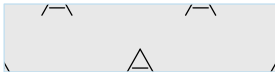
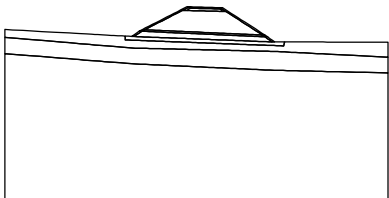
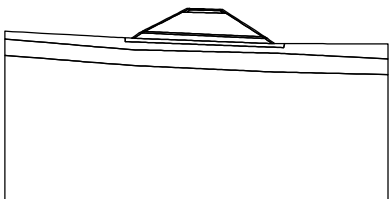
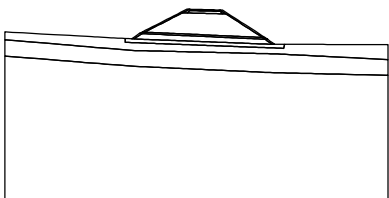
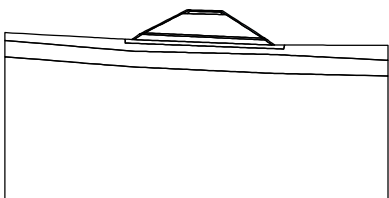
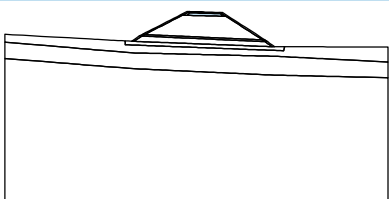
Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	24,10	282,99	0,05	-10,00	279,58	100,00

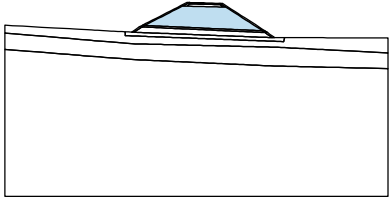
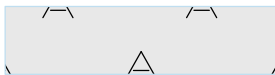
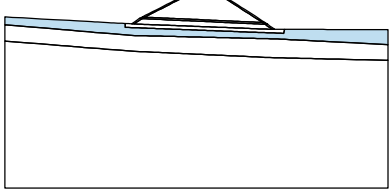
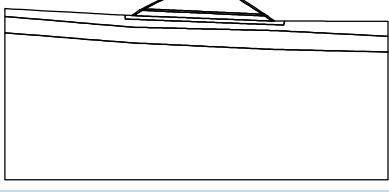
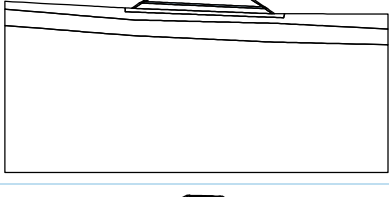
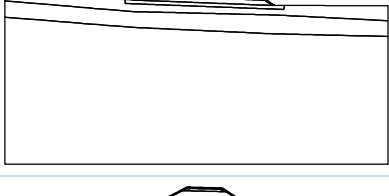
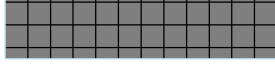
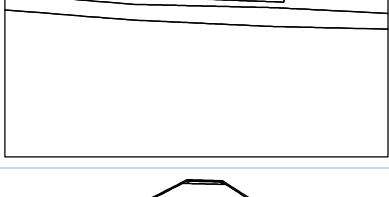
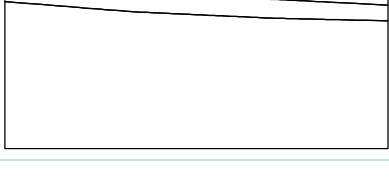
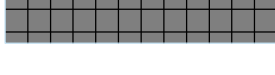
Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

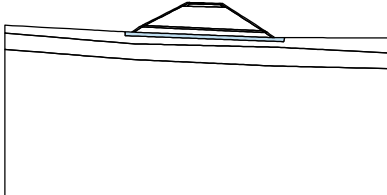
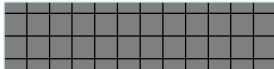
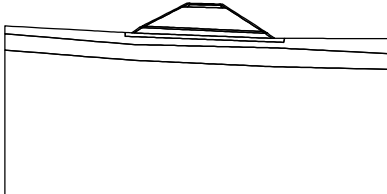
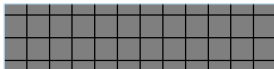
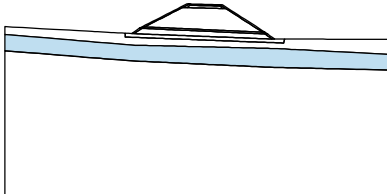
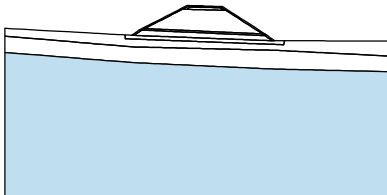
Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	11,50	279,55	0,00

Eingangsdaten (Bauphase 10 - Endzustand mit Belastung SLW 60)

Zuordnung und Aktivierung

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
1		Aktiv	Steinstückung in Beton 
2		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
3		Aktiv	Asphalt 
4		Aktiv	HGT 
5		Aktiv	Dammschüttung (verbessert) 
6		Aktiv	Steinstückung in Beton 
7		Aktiv	Frostschutzschicht 

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
8		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
9		Aktiv	Tallehm
			
10		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
11		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
12		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
13		Aktiv	Dammschüttung (verbessert)
			
14		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			

Nr.	Bereich	Aktiv / inaktiv	Zuordnung
15		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
16		Aktiv	Durchlass 1 x 1 m
			
17		Aktiv	Verwitterungston
			
18		Aktiv	Fels, verwittert
			

Liniestütze

Nr.	Liniestütze		Positionierung	Stütze	
	neu	abgeändert		In der X-Richtung	In der Z-Richtung
A1	Ja		Die Netzlinie Nr. 57	feste	freie
A2	Ja		Die Netzlinie Nr. 55	feste	freie
A3	Ja		Die Netzlinie Nr. 50	feste	freie
A4	Ja		Die Netzlinie Nr. 59	feste	freie
A5	Ja		Die Netzlinie Nr. 54	feste	freie
A6	Ja		Die Netzlinie Nr. 47	feste	freie
A7	Ja		Die Netzlinie Nr. 58	feste	feste
A1 bis A7 - automatisch generierte Liniestützen am Aufgabenrand.					

Auflast

Nr.	Auflast		Typ	Positionierung / Punkt 1	Ursprung / Punkt 1	Länge / Punkt 2	Breite / Punkt 2	Neigung α [°]	Größe		
	neu	Änderung		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	Einheit
1	Ja		Band	auf der Oberfläche	x = 19,14	l = 4,35		0,00	33,30		kN/m ²

Namen der Auflasten

Nr.	Name
1	SLW 60

Wasser

Wassertyp : kein Wasser

Berechnungseinstellungen

Spannungszustand

Methode :	Newton - Raphson
Steifigkeitsmatrix :	nach jeder Iteration
Höchstanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	100
Ursprünglicher Berechnungsschritt :	0,1000
Toleranz des Verschiebungsfehlers :	0,0100
Fehlertoleranz der unausgeglichene Kräfte :	0,0100
Toleranz des Energiefehlers :	0,0100
Materialienschnittstellen beachten :	nein

Plastizität

Fehlertoleranz des Rückkehrs zur Plastizitätsfläche :	0,00100
Höchstanzahl der Iterationen für einen plastischen Schritt :	20

Newton - Raphson

Relaxationsfaktor des Berechnungsschrittes :	2,00
Maximale Anzahl der Relaxationen des Berechnungsschrittes :	2
Mindestanzahl der Iterationen für einen Berechnungsschritt :	1

Line search

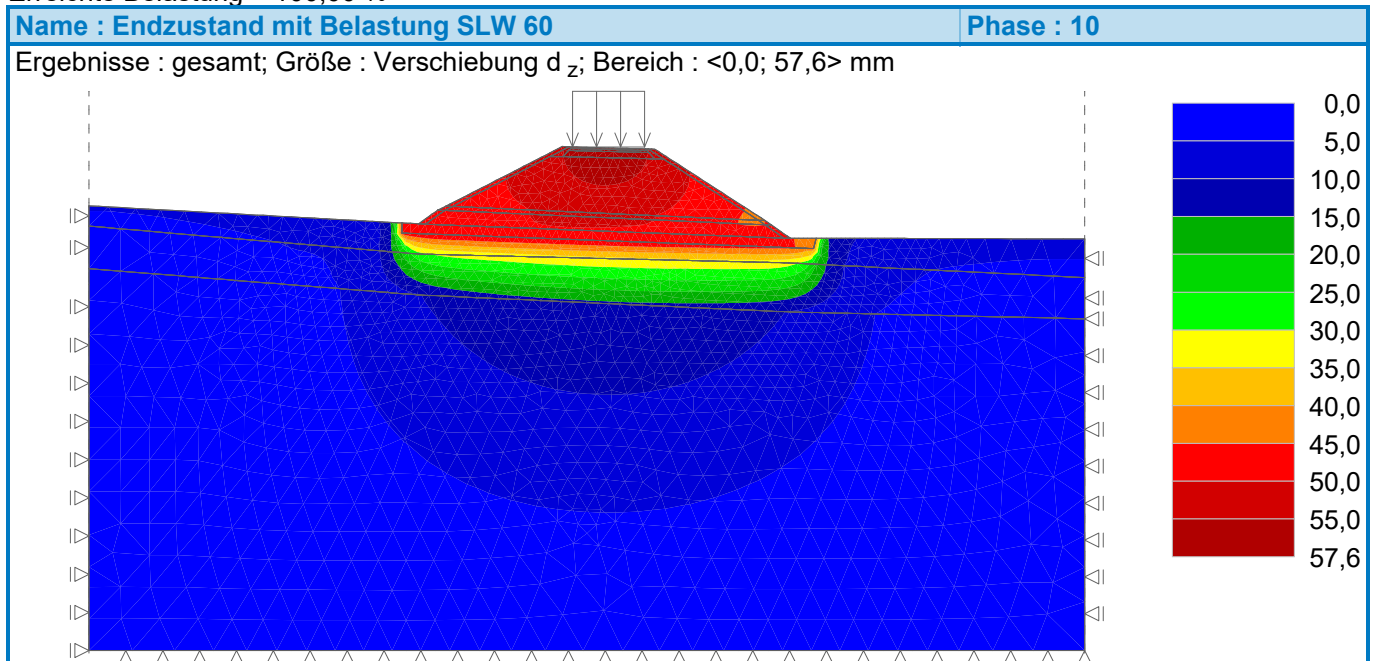
Lösungstyp :	nicht iterieren
Line search Limit - Minimum :	0,100
Line search Limit - Maximum :	1,000

Ergebnisse (Bauphase 10 - Endzustand mit Belastung SLW 60)

Die Berechnung des Spannungszustandes wurde erfolgreich beendet.

Berechnungseinstellungen : **Standard**

Erreichte Belastung = 100,00 %



Extremwerte

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Verformung x [mm]	0,00	0,00	-8,1	8,39	277,18	6,0
Verformung z [mm]	8,39	277,18	0,0	21,05	282,86	57,6

Spannung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Gesamtspannung $\sigma_{z, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,25	17,51	252,77	617,15
Effektive Spannung $\sigma_{z, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,25	17,51	252,77	617,15
Gesamtspannung $\sigma_{x, \text{tot}}$ [kPa]	18,53	283,15	-14,64	17,51	252,77	205,66
Effektive Spannung $\sigma_{x, \text{eff}}$ [kPa]	18,53	283,15	-14,64	17,51	252,77	205,66
Schubspannung τ_{xz} [kPa]	34,27	273,13	-17,53	8,63	276,77	18,68
Mittlere Gesamtspannung $\sigma_{m, \text{tot}}$ [kPa]	18,53	283,15	-6,63	17,51	252,77	342,84
Mittlere effektive Spannung $\sigma_{m, \text{eff}}$ [kPa]	18,53	283,15	-6,63	17,51	252,77	342,84
Vergleichsspannung J [kPa]	1,69	278,94	0,09	17,51	252,77	237,57
Totale Hauptspannung $\sigma_{1, \text{tot}}$ [kPa]	18,53	283,15	-15,94	17,51	252,77	205,65
Effektive Hauptspannung $\sigma_{1, \text{eff}}$ [kPa]	18,53	283,15	-15,94	17,51	252,77	205,65
Totale Hauptspannung $\sigma_{2, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,75	17,51	252,77	617,16
Effektive Hauptspannung $\sigma_{2, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-12,75	17,51	252,77	617,16
Totale Hauptspannung $\sigma_{3, \text{tot}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,85	17,51	252,77	205,70
Effektive Hauptspannung $\sigma_{3, \text{eff}}$ [kPa]	30,73	278,43	-3,85	17,51	252,77	205,70

Verformung (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Vergleichsdehnung E_d [%]	17,50	282,62	0,00	33,82	277,63	8,76
Plastische Vergleichsdehnung $E_{d, \text{pl}}$ [%]	11,50	279,55	0,00	33,82	277,63	8,64
Dehnung ϵ_x [%]	33,82	277,63	-1,18	8,19	277,49	0,37
Dehnung ϵ_z [%]	34,45	277,63	-0,35	9,08	277,63	2,47
Schubverformung γ_{xz} [%]	33,82	277,63	-8,50	8,87	278,54	7,03
Plastische Verformung $\epsilon_{x, \text{pl}}$ [%]	9,08	277,63	-1,00	34,45	277,63	0,35
Plastische Verformung $\epsilon_{z, \text{pl}}$ [%]	34,45	277,63	-0,39	9,08	277,63	1,00
Plastische Schubverformung $\gamma_{xz, \text{pl}}$ [%]	33,82	277,63	-8,55	8,87	278,54	7,37
Volumendehnung ϵ_v [%]	33,82	277,63	-0,25	9,37	277,92	1,98
Plastische Volumendehnung $\epsilon_{v, \text{pl}}$ [%]	34,45	277,63	-0,04	8,87	278,54	0,01
Hauptdehnung ϵ_1 [%]	33,82	277,63	-4,50	34,45	277,63	0,62

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Hauptdehnung ϵ_2 [%]	34,45	277,63	-0,82	33,82	277,63	4,26
Hauptdehnung ϵ_3 [%]	11,50	279,55	0,00	11,50	279,55	0,00

Mobilisierter Reibungswinkel (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Min	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Mobilisierte Festigkeit [%]	17,50	282,62	0,55	7,06	278,64	100,00

Porenwasserdrücke (Extreme) (Extremwerte)

Größe	Positionierung		Max
	x [m]	z [m]	
Gesamtporendruck u_{tot} [kPa]	11,50	279,55	0,00

Anlage 1: Standsicherheitsberechnung für Einstau bis Oberkante Damm

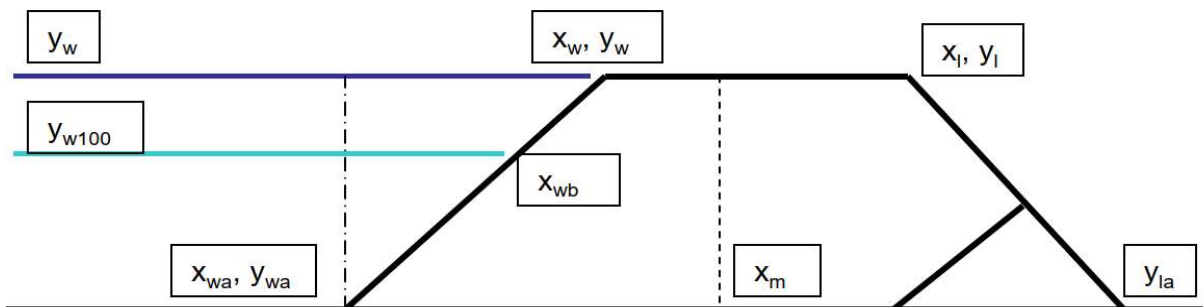
Stadt Mechernich - Hochwasserschutz Glehn - Damm Laubergraben

GEO5 Software GmbH Neumarkter Straße 80 81673 München

Berechnung: Marco Pulci, M.Sc. (TUM)



1. Deichgeometrie



Wasserseite	Deichkrone:	xw =	18,53	yw =	283,15
	Deichfuß:	xwa =	9,86	ywa =	278,50
Luftseite	Deichkrone:	xl =	24,10	yl =	282,99
	Deichfuß:	xla =	32,27	yla =	277,62
HQ 100		xwb =	18,25	yw100 =	283,00
	Stauhöhe Hw:	Hw100 = yw100 - ywa =	4,50		
Kronenstau	Stauhöhe Hw:	Hw = yw - ywa =	4,65		
		HI = yw - yla =	5,53		

2. Deichparameter (von oben nach unten)

Dimensionen: °; m; kN/m²; kN/m³, m/s

Deich		Bogenmaß ϕ	
Damm-	$\phi'D =$	0,52	$cD' =$
schüttung	$\gamma D =$		zul i =
(verbessert)	$\gamma w =$		60
	$\gamma'D = \gamma D - \gamma w =$		0,4
Auflage		Bogenmaß	
Tallehm	$\phi' =$	0,44	$cD' =$
	$\gamma =$		2,5
	$\gamma w =$		
	$\gamma' = \gamma - \gamma w =$		
	$kf =$		
Auflage		Bogenmaß	
Verwitterungston	$\phi' =$	0,44	$cD' =$
	$\gamma =$		15
	$\gamma w =$		
	$\gamma' = \gamma - \gamma w =$		
	$kf =$		

3. Standsicherheit

1 Spreizsicherheit am Deichfuß

Betrachtung: BS-A

Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054	$\gamma_G =$	1,1	$\gamma_{R,h} =$	1,1
Sohlereibung:	$\delta_s = \phi$ (Untergrund) =	0,44	Tallehm	
Böschungsneigung:	$\tan \beta = (\gamma_w - \gamma_{la}) / (\gamma_{la} - \gamma_{li}) =$	0,68		
	$K_{ah} =$	0,33		
Beanspruchung:	$H_k = E_{ah} = G * K_{ah} * \tan \beta$	141,16		
Widerstand:	$R_k = T_{max} = G * \tan \delta_s$	294,70		
Nachweis:	$H_d = H_k * \gamma_G =$	155,28		
	$R_d = R_k / \gamma_{R,h} =$	267,91		

$\mu = H_d / R_d$ 0,58 ≤ 1 NW erfüllt

2 Gleitsicherheit Deichsohle

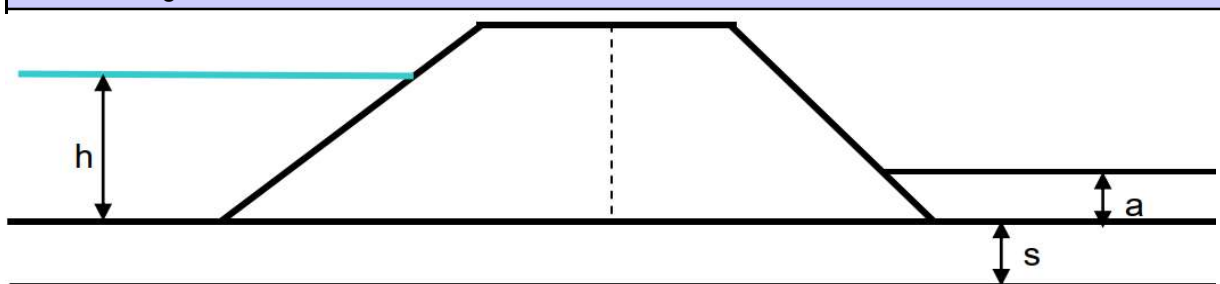
Betrachtung: BS-A

Beanspruchung:	$H_k = W = 0,5 * \gamma_w * HW_{100}^2 =$	101,25		
Widerstand:	$R_k = T_{max} = G * \tan \delta_s =$	294,70	$G \text{ [kN/m]} =$	631,98
Nachweis:	$H_d = H_k * \gamma_G =$	111,38		
	$R_d = R_k / \gamma_{R,h} =$	267,91		

$\mu = H_d / R_d =$ 0,42 ≤ 1 NW erfüllt

4. Standsicherheit Hydraulischer Grundbruch

1 Betrachtung Aufschwimmen



Betrachtung: BS-A

hydraulische Höhe über Binne	5.5 Hydraulischer Grundbruch
Stärke mineral. Unterboden	Der hydraulische Grundbruch ist bei Dämmen z. B. bei Situationen nachzuweisen, wie sie in Bild 5 dargestellt ist.
Wichte Wasser	
Wichte der Deckschicht	
Beiwerte	
Nachweis	Eds

NW nicht erforderlich

Bild 5: Typische Situation für die Möglichkeit eines hydraulischen Grundbruchs im Bereich des Seitengrabens

2 Betrachtung des Hydraulischen Grundbruches (numerisch)

Betrachtung: BS-A

5.5 Hydraulischer Grundbruch

5

Material:

Der hydraulische Grundbruch ist bei Dämmen z. B. bei Situationen nachzuweisen, wie sie in Bild 5 dargestellt ist.

$\gamma' =$

k

$k_f =$

n

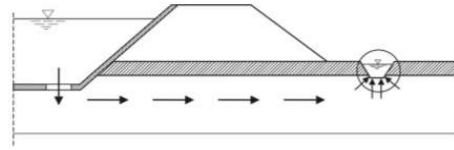


Bild 5: Typische Situation für die Möglichkeit eines hydraulischen Grundbruchs im Bereich des Seitengrabens

NW nicht erforderlich

5. Erosionssicherheit Erosionsgrundbruch

Betrachtung: BS-A

Erosionsgrundbruch nach Chugaev

Teilsicherheitsbeiwerte DWA-M 507-1

$\gamma_{H,vorh} =$

1,1

$\gamma_{H,krit} =$

1,1

Stauhöhe HQ100

$H =$

4,5

m

Dammlänge

$L = x_{wa} - x_{la} =$

22,41

m

krit. Gefälle

$i_{krit} = \frac{z_{ul}}{i} =$

0,4

$i'_{krit} = i_{krit} / \gamma_{H,krit} =$

0,36

vorh. Gefälle

$i_{vorh} = H / L =$

0,20

$i'_{vorh} = i_{vorh} * \gamma_{H,vorh} =$

0,22

$\mu = i'_{vorh} / i'_{krit} =$

0,61 ≤ 1

NW erfüllt

6. Nachweis Materialtransport im Boden (Suffosion)

Grundlage: BAWMerkblatt - Ausgabe 2013

Merkblatt Materialtransport im Boden (MMB)

Bodenmaterial:

Kennwert	Bodenverfestigung Mischbinder C70
Wichte $[\text{kN/m}^3]$	
über Wasser γ_k	19
unter Auftrieb γ'_k	9
Reibungswinkel φ'_k $[\circ]$	30
Kohäsion $[\text{kN/m}^2]$	
drainiert c'_k	60
Steifemodul $E_{s,k}$ $[\text{MN/m}^2]$	40
Durchlässigkeitsbeiwert k_f $[\text{m/s}]$	5×10^{-8}

Bodentyp: Kohäsiver Boden (1.3 Dammschüttung, verbessert mit Mischbinder C70) -> Kap 5

Suffosion

Bei kohäsiven Böden kann aufgrund der Fixierung der Bodenpartikel durch die Kohäsionskräfte ohne weiteren Nachweis von Suffosionssicherheit ausgegangen werden.

Allgemeines

Bei Schichtgrenzen zwischen kohäsivem und nicht kohäsivem Boden im gewachsenen Untergrund ist kein Nachweis gegen Kontakterosion erforderlich, da das Auftreten spannungsfreier Grenzflächen (Risse) im kohäsiven Boden i. d. R. ausgeschlossen werden kann.

Ist eine Rissbildung in einer kohäsiven Bodenschicht nicht auszuschließen, sollte die Gefahr der Kontakterosion nach dem Verfahren von Sherard (1989) überprüft werden. Die Möglichkeit einer Rissbildung ist in kohäsiven Schichten und Zonen von Erdbauwerken i. d. R. gegeben.

NW nicht erforderlich